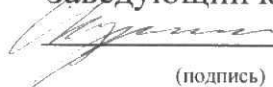


Федеральное государственное автономное образовательное
Учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА, ГЕОЛОГИИ И ГЕОТЕХНОЛОГИИ
(институт)

ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
ПРОИЗВОДСТВА
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 С. В. Кузьмин
(подпись) (инициалы, фамилия)


«12» февраля 2018 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

1406040000.65 Электропривод и автоматика промышленных
установок и технологических комплексов
код и наименование специальности

Электрификация и автоматизация электродвигательной
п.Березовка №4 со спец. частью автоматизация сетевых насосов

Руководитель

 12.02.18
подпись, дата


канд.тех.наук

Р.А.Майнагашев

должность, ученая степень

инициалы, фамилия

Выпускник

 12.02.18
подпись, дата

Н.В.Брасаус

инициалы, фамилия

Красноярск 2018

РЕФЕРАТ

Выпускной квалификационный проект на тему: «Электрификация и автоматизация электрокотельной №4 п.Березовка. Со спец.частью автоматизация сетевых насосов» содержит 101 лист, 29 рисунков, 48 таблиц, 13 источников, 7 листов формата А1 графического материала.

Технология. Электроснабжение. Электропривод. Автоматизация. БЖД. Экономика.

Объектом дипломного проектирования является электрокотельная №4 п.Березовки.

Цель работы: привести экономическое обоснование модернизации привода сетевых насосов с помощью установки преобразователей частоты HYUNDAI N700E-004HF.

В процессе работы проведены: технология работы электрокотельной №4 п. Березовки;

Расчет электроснабжения;

Расчет частотного электропривода для насосов.

Выбрана система управления частотным электроприводом сетевых насосов на основе микроконтроллера и датчиков давления.

Рассчитаны текущие и эксплуатационные затраты, график сменности и баланс рабочего времени, произведен расчет численности персонала, фонда оплаты труда, расчет дисконтируемых затрат.

Представлены требования безопасности при работе в электроустановках и охраны окружающей среды.

СОДЕЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Технологическая часть.....	4
2 Электроснабжение.....	7
2.1 Таблица электроприводов.....	7
2.2 Электрическое освещение.....	9
2.3 Расчет нагрузок.....	13
2.4 Выбор трансформаторов.....	19
2.5 Выбор кабеля.....	23
2.6 Выбор электрооборудования.....	30
2.7 Выбор проводников напряжения до 1 кВ.....	33
2.8 Проверка проводников по потери напряжения.....	41
2.9 Расчет токов короткого замыкания в сетях низкого напряжения....	45
2.10 Проверка электрических сетей по условиям пуска и самозапуска электродвигателей.....	51
2.11 Релейная защита высоковольтной сети.....	55
2.12 Расчет заземляющих устройств.....	58
3 Электропривод.....	60
4 Автоматизация.....	77
5 Безопасность жизнедеятельности.....	86
6 Экономическая часть.....	88
Заключение.....	100
Список литературы.....	101

Введение

1. Электрокотельная предназначена для теплоснабжения жилых домов.
2. Подача электроэнергии в электрокотельную предусмотрена от собственной трансформаторной подстанции напряжением 6/0,4 кВ, расположенной непосредственно у электрокотельной.
3. Вентиляция основных помещений естественная посредством дефлекторов. Отопление предусмотрено только в помещениях обслуживающего и ремонтного персонала. Оптимальная температура в технологических помещениях поддерживается за счёт тепловыделений от оборудования и трубопроводов.
4. Для подпитки системы и на собственные нужды электрокотельной предусмотрены два ввода водопровода в канале теплосети.
5. Теплоснабжение, объектов базы, производится по двухтрубной системе с непосредственным водоразбором для нужд горячего водоснабжения.

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

1 Технологическая часть

В котельной установлено шесть (два резервных) водогрейных электрокотла типа “КЭВ- 4000/6” единичной мощностью- 4 МВт. Максимальная производительность электрокотельной- 7.5 МВт. (по воде- 6.450.000 ккал/час, 105 т/час- вода с параметрами- 130° – 70°С). Омическое сопротивление воды принято 2500 Ом/см (вода из скважинного водозабора). Для подпитки системы, с теплоснабжением деаэрированной водой проект предусматривает установку деаэратора. Деаэрация воды осуществляется за счёт нагрева воды до 104° С при избыточном давлении 0.2 кг/см². первоначальный нагрев воды осуществляется в водяном подогревателе (охладитель деаэрированной воды), дальнейший нагрев происходит в колонке и баке деаэратора за счёт конденсации пара в баке деаэраторе. Для предотвращения поступления в баки аккумуляторы воды не прошедшей нагрева до 104°С предусмотрена блокировка переключающих насосов от температурного датчика в баке деаэраторе.

Подача пара в бак деаэратора осуществляется через регулирующий клапан “после себя”, который поддерживает в баке деаэраторе постоянное избыточное давление 0.2 кг/см².

В процессе наладки и запуска деаэрационной установки следует добиться такого расхода, воды через установку, который позволял бы установке работать в стабильном режиме круглосуточно.

Вода из бака деаэратора, охлаждённая в водяном подогревателе до температуры +70°С, перекачивается насосами в баки – аккумуляторы.

Уровень воды в баках – аккумуляторах постоянно меняется из-за разницы в расходе притока и расходе на подпитку системы теплоснабжения. Приток постоянный в пределах -8-12м³/час. Для уменьшения контакта поверхности воды с воздухом проект предусматривает создание в баках – аккумуляторах “паровой подушки” за счёт подачи в воздушную зону пара из баков – аккумуляторов (в зимний период) вода подпиточными насосами подаётся в обратный трубопровод системы теплоснабжения.

В летний период для горячего водоснабжения вода подпиточными насосами по обводному трубопроводу (Т3) подаётся в прямой трубопровод системы теплоснабжения (Т1) и по обратному трубопроводу (Т2) и Т4 возвращается в баки – аккумуляторы.

В летний период в результате малого водоразбора в баках – аккумуляторах может понизиться температура до +60°С, что ниже нормальной температуры горячего водоснабжения +65°С. Для повышения температуры горячего водоснабжения, в летний период. Проект предусматривает: включение в работу, водогрейного электрокотла. По цепочке: бак-аккумулятор – трубопровод Т3, насосы подпиточные (включаются оба насоса для обеспечения нормируемого расхода воды через водогрейный электрокотёл > 35 м³/час), трубопровод – Т32, далее – минуя сетевые насосы – трубопровод Т2, водогрейный электрокотёл (один), трубопровод Т1 (трубопровод Т3 закрыт). При работе по данной схеме

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

следует изменить установку на электроконтактном термометре электрокотла с $+130^{\circ}\text{C}$ на $+80^{\circ}\text{C}$.

1.1 Автоматизация технологических процессов

После проведения пуско-наладочных работ и стабилизаций режима работы деаэрационной установки, электропроводная котельная может работать без постоянного наблюдения обслуживающего персонала.

Изменения в режиме работы оборудования температуры воды, уровней воды в электрокотлах в виде световых сигналов подаются на щиты управления.

Причины переключения на резервное оборудование:

- 1) выхода температуры воды за пределы установок, приборов.
- 2) достижения критических уровней воды в баках.
- 3) снижения или повышения давления воды за пределы установок приборов.

На щитах управления высвечивается аварийный сигнал, сигнал - дублируется звуковой сиреной, и подаётся аварийный сигнал (без расшифровки) на пульт диспетчера.

1.2 Деаэрационно–подпиточная установка

В баке установлен электрический сигнализатор верхних уровней, который регулирует работу электромагнитного вентиля на трубопроводе подпиточной воды.

Установлен электрический сигнализатор нижних уровней воды в баке-деаэраторе, который регулирует работу перекачивающих насосов. Работа перекачивающих насосов так же связана с верхними уровнями воды в баках-аккумуляторах, что обеспечивает защиту их от переполнения.

В баке деаэраторе, установлен электроконтакттермометр (ЭКТ) с целью обеспечить расчётный режим деаэрации воды до $+95^{\circ}\text{C}$ происходит отключение перекачивающих насосов при повышении температуры до $+104^{\circ}\text{C}$ – включение насосов.

Нагрев воды в баке-деаэраторе происходит за счёт непосредственного контакта и конденсации пара, подаваемого через регулирующий клапан прямого действия “после себя”.

Паровое пространство деаэратора через трубопровод связана с атмосферой.

При повышении давления в паровом пространстве бака-деаэратора до 0.6 кг/см^2 – подаётся сигнал аварийный (от ЭКМ).

1.3 Подпиточные насосы

Работа насосов регулируются электрическими сигнализаторами уровней в баках-аккумуляторах. Режим работы насосов непосредственный. Подпитка системы теплоснабжения ведётся через механический регулирующий клапан прямого действия “после себя”. В электрической схеме предусмотрен АВР и аварийный сигнал. Падения давления ниже установки.

1.4 Сетевые насосы

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

Режим работы насосов непрерывный, в случае падения давления в трубопроводе, хоз- питьевого водопровода, в электрической схеме предусмотрен АВР и аварийный сигнал падения давления ниже установки.

Автоматизация электродкотлов, выполнена в соответствии с требованиями заводской инструкции, ПУ и БЭ электродкотлов и электродкотельных.

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

2 Электроснабжение

Электрокотельная п. Березовки №4 предназначена для теплоснабжения. Строительная часть объекта выполнена из железобетона. Окружающая среда не относится к категории взрыво-и пожароопасных производств.

Основными потребителями электроэнергии являются 6 котлов КЭВ-6 кВ, мощностью 4000 кВт и насосы 200, 30 кВт. Электроприемники относятся к I и II категории надежности электроснабжения. Электрокотельная получает питание от двух взаиморезервируемых трансформаторов ТД 10000/110, запитанных по двупежной ВЛ от ГПП-2 п. Березовки проводом АС-70.

2.1 Таблица электроприводов

Таблица электроприводов составляется в тесной увязке с планами разводки кабелей, технологической особенностью объектов и нумерацией электроприемников. Порядок заполнения таблиц зависит от технологии объекта. Для облегчения поиска электроприемников на силовых сетях рекомендуется группировать электроприемники по участкам цеха, производствам, зонам, ограниченным строительными осями и т.д. Данные на все цеховые потребители электроэнергии сведены в таблицу 2.1

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104

Таблица 2.1 – Таблица электроприводов

Номер		Механизмы		Электродвигатели и прочие электроприемники							Дополнительные данные
по технологическому плану	По плану силовой сети	Наименование	Количество	Количество на механизме	Тип	Номинальное напряжение, В	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	ПВ, %	Пусковая аппаратура	
1	2	3	4	5	6	7	8	9		11	12
1	1-2	Подпиточный насос	2	1	К90/85	~380	30	3000	-	ВА57-31, ПМА4602М	ЩСУ №1 ЩСУ №2
2	3-4	Перекачивающий насос	2	1	К90/85	~380	30	3000		ВА57-31, ПМА4602М	ЩСУ №1 ЩСУ №2
3	5-6	Сетевой насос	2	1	Д-630-90	~380	200	1500		А37368, КТ6034С	ЩСУ №1 ЩСУ №2
4	7-12	Котел электродный водогрейный	6	1	КЭВ-4000/6-2К	~6000	4000	-		ШВК (для каждого котла)	ШВК
5	16	Шкаф передвижных электроприемников	1	1	ШППЭ	~380	30			ЯБПВУ-1МУЗ 100А	1-РП
6	15	Шкаф управления задвижками	1	1	ШУ	~380	24			ЩО-70 (ЩПК)	1-РП
7	14	Щит освещения	1	1	ЩО	~380	5			ОПВ-6	1-РП
8	13	Кран подвесной одноблочный г/п 2т	1	1	1ПБТ	~380	3,5				1-РП
9	17-18	Шкаф управления насосами №1;2	2	1	ЩСУ 1;2	~380					ГРЩ-1 ГРЩ-2
10	19-20	Комплектная трансформаторная подстанция	2	1	КТП-400-6/0,4	~380					ТД 10000/110/6
11	21	Шкаф собственных нужд	1	1	ШСН	~380					1-РП

2.2 Электрическое освещение

При проектировании электрического освещения выделяют светотехническую и электротехническую части проекта.

В светотехнической части производится выбор показателей качества освещённости, систем, видов и способов освещения, типов источников света и осветительных приборов. Выполняются светотехнические расчёты, в результате которых выясняется тип, мощность и расположение осветительных приборов.

В электротехнической части выбираются источники питания, намечаются способы управления освещением, выбираются типы магистральных и групповых щитков и другое оборудование.

Расчёт и выбор ламп и светильников.

Используем метод коэффициента использования.

Исходные данные:

Деаэраторная, первый этаж.

Таблица 2.2.1 Исходные данные для расчёта освещения

Наименование параметра	Значение
Длина, м	9
Ширина, м	6
Высота, м	4,2
Коэффициент отражения фона потолка	0,4
Коэффициент отражения фона стен	0,4
Коэффициент отражения фона рабочей поверхности	0,1
Разряд зрительной работы	Va
Коэффициент запаса k_z	1,8
Коэффициент неравномерности освещённости z	1,1
Напряжение на лампе, В	220

Определяем расстояние от стены до ближайшего светильника.

$$a = (0,4 - 0,5)L_a,$$

$$b = (0,4 - 0,5)L_b$$

$$a = \frac{A - L_a * (N_a - 1)}{2};$$

$$b = \frac{B - L_b * (N_p - 1)}{2}.$$

Где А, В – длина и ширина соответственно, N_p – число рядов, N_a – число светильников.

$$a = \frac{9 - 2,7 * (3 - 1)}{2} = 1,3м$$

$$b = \frac{6 - 3,1 * (3 - 1)}{2} = 0,9м$$

$$\frac{a}{L_a} = \frac{1,3}{3,1} = 0,42 \pi 0,5$$

$$\frac{b}{L_b} = \frac{0,9}{2,7} = 0,43 \pi 0,5$$

Отношение наивыгоднейшего расстояния между светильниками L_a или между рядами светильников L_b к высоте подвеса над рабочей поверхностью [1, таблица П2.4] и их предварительное число n .

$$\lambda = \frac{L_a}{h} = \frac{3,1}{3,4} = 0,91$$

Определяем кривую силы света (КСС) по [1, таблица 3.1] – Д2.

Находим индекс помещения.

$$i = \frac{S}{h(A + B)},$$

Где S – площадь помещения, м²;

h – расчетная высота (расстояние от светильника до поверхности), м;

A и B – длина и ширина помещения, м.

$$i = \frac{6 * 9}{3,4 * (6 + 9)} = 1,06$$

Определяем коэффициент использования светового потока ламп – K_n [1, таблица П2.5].

$$i_1 = 0,8, \quad K_{n1} = 48$$

$$i_2 = 1,25, \quad K_{n2} = 61$$

$$\Delta = \frac{61 - 48}{0,8 - 1,25} * (1,05 - 0,8) = -31$$

$$K_{уф} = \frac{K_{n1} + \Delta}{100} = \frac{48 + (-31)}{100} = 0,16$$

Определяем необходимый световой поток лампы, по формуле:

$$\Phi_{л} = \frac{E * k_z * S * z}{n * K_u} = \frac{100 * 1,8 * 48 * 1,1}{18 * 0,16} = 3535_{лм}$$

Где E – нормируемая освещенность, лк;

k_z – коэффициент запаса [1, таблица П2.3];

S – освещаемая площадь, м²;

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

z – коэффициент неравномерности освещенности, равный 1,15;
 n – число ламп во всех светильниках.

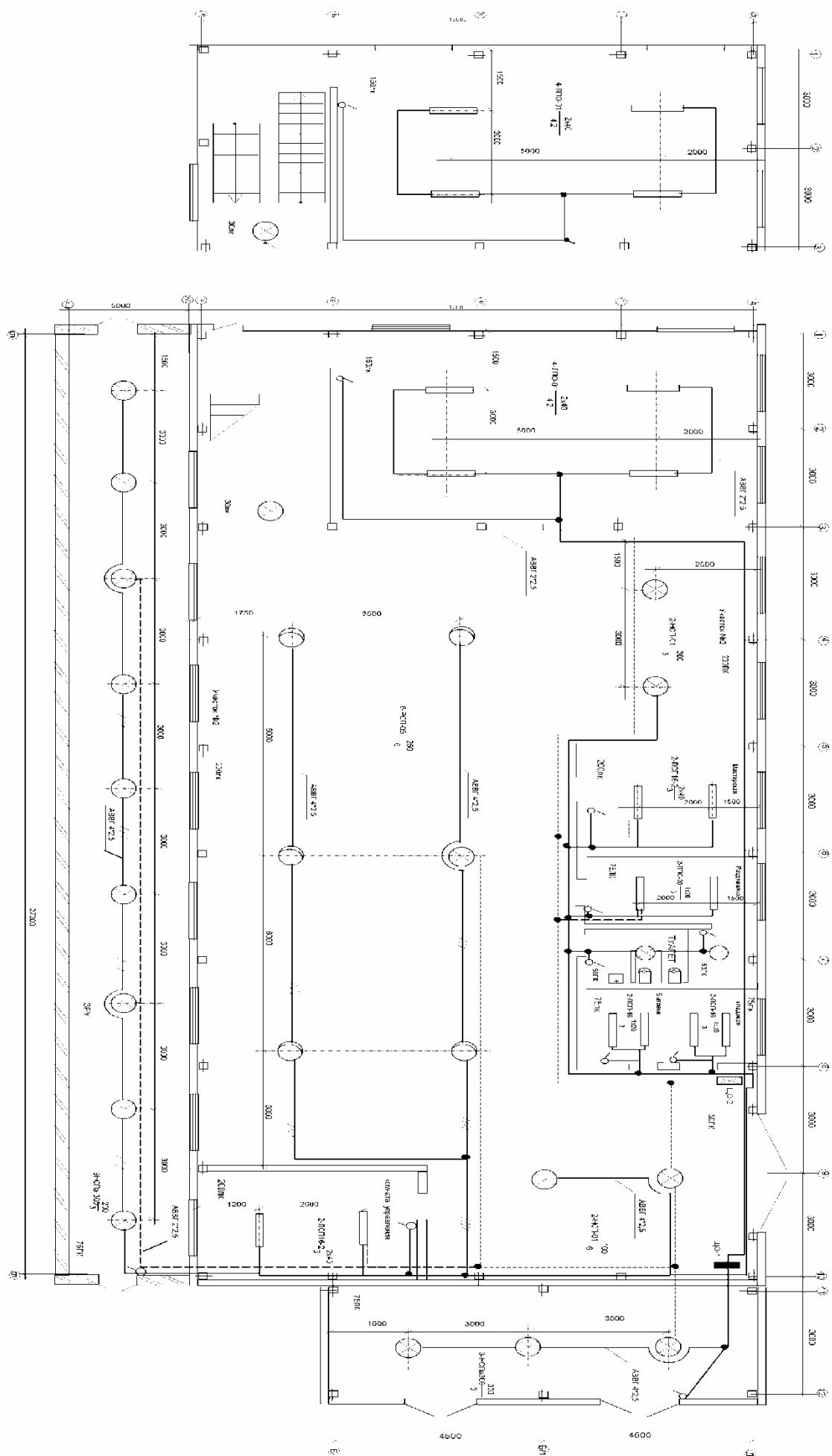
Выбираем лампу ЛД мощностью $P_n=80$ Вт, $\Phi_{лф}=3865$ лм.

Находим расчётную суммарную мощность ламп.

$$P_{\Sigma}=9 \cdot 80=720 \text{ Вт}$$

Таблица 2.2.2 Расчет освещения котельной

	Деаэрационная 1 этаж	Помещение машзала	Деаэрационная 2 этаж	Раздевалка
Длина, м	9	24	9	4
Ширина, м	6	12	6	2
Высота, м	4,2	6	4,0	3,5
ρ потолка	0,4	0,4	0,4	0,4
ρ стен	0,4	0,4	0,4	0,4
ρ рабочей поверх- ности	0,1	0,1	0,2	0,2
Разряд и подразряд зрительной работы	Va	Va	Va	Va
Тип светильника	ЛСП22	ЖСП01	НСП17	НСП20
Количество светильников	9	10	8	2
L_a , м	2,7	4,9	1,55	2,2
L_b , м	3,1	6,5	4,9	1
h , м	3,4	5,2	3,2	2,7
Тип кривой силы света	Д2	Д2	К1	Г1
Индекс помещения	1,05	1,53	1,125	0,493
Коэффициент использования	0,168	0,425	0,612	0,277
Нормативная освещённость	100	200	50	50
Коэффициент запаса	1,8	1,5	1,5	1,5
Коэффициент неравномерности освещённости	1,1	1,15	1,15	1,15
Расчётный световой поток лампы, лк	3535	23378	951	1245
Тип лампы	ЛД	ДНаТ	Б	Б
Фактический световой поток лампы, лк	3865	25000	1350	1350
Напряжение на лампе, В	220	220	220	220
Мощность лампы, Вт	80	250	100	100
Суммарная мощность ламп, Вт	720	2500	800	200



ДП- 140604.65–2018.ПЗ

Лист

100

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

2.3 Расчёт нагрузок

Электрические нагрузки рассчитываем, используя метод коэффициента максимума, так как известны технологическое назначение электроприемников, их мощность и число.

Рассчитаем нагрузку (ЩСУ-1)

Таблица 2.3.1 Исходные данные

Наименование характерных категорий электроприемников	Мощность, кВт (P _н)	K _{исп}	$\frac{\cos \varphi}{\tan \varphi}$	количество, шт.
Сетевой насос	200	0,7	0,8/0,75	1
Подпиточный насос	30	0,7	0,8/0,75	1
Перекачивающий насос	30	0,7	0,8/0,75	1

Определим среднюю мощность электроприёмников за смену.

$$P_{см1} = P_n * K_{и} * n,$$

Где K_и- коэффициент использования по таблице 4.1 [1].

$$P_{см1} = 200 * 0,7 * 1 = 140 \text{ кВт}$$

$$P_{см2} = 30 * 0,7 * 1 = 21 \text{ кВт}$$

$$P_{см3} = 30 * 0,7 * 1 = 21 \text{ кВт}$$

Рассчитываем суммарную среднюю мощность.

$$P_{см\Sigma} = 140 + 21 + 21 = 182 \text{ кВт}$$

Находим суммарную номинальную мощность.

$$P_{н\Sigma} = 200 + 30 * 2 = 260 \text{ кВт}$$

Вычисляем эффективное число электроприёмников.

$$n_э = \frac{\sum P_n^2}{\sum n * P_n^2} = \frac{260^2}{200^2 + 2 * 30^2} = 1,62 \approx 2$$

По таблице 4.2 [1] определяем коэффициент максимума K_м=1,14.

Определяем максимальную активную мощность.

$$P_p = K_m * P_{см} = 1,14 * 182 = 208 \text{ кВт}$$

Рассчитываем среднюю реактивную мощность за смену.

$$Q_{\text{см1}} = P_{\text{см}} * \text{tg } \varphi = 140 * 0,75 = 105 \text{ квар}; \quad Q_{\text{см (2, 3)}} = 21 * 0,75 = 15,75 \text{ квар}$$

Находим суммарную реактивную мощность

$$Q_{\text{см}\Sigma} = 105 + 15,75 * 2 = 136,5 \text{ квар}$$

Вычисляем максимальную реактивную мощность.

$$Q_p = 1,1 * Q_{\text{см}\Sigma}, \text{ если } n_3 < 10. \quad Q_p = 1,1 * 136,5 = 150,2 \text{ квар}$$

Определяем максимальную полную мощность.

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{208^2 + 150,2^2} = 256,6 \text{ кВА}$$

Рассчитываем максимальный расчётный ток.

$$I_{\text{рм}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{256,2}{\sqrt{3} * 0,4} = 370,2 \text{ А}$$

Электрические нагрузки для других групп электроприемников рассчитываются по этой же методике, результаты расчетов заносим в таблицы 2.3.2 и 2.3.3

2.4. Выбор трансформаторов

2.4.1 Выбор числа и мощности трансформаторов

В соответствии с ГОСТ 14209-85 и 11677-75 цеховые трансформаторы имеют следующие номинальные мощности: 100, 160, 250, 400, 630 кВА. итд.

С увеличением мощности трансформаторов растут токи короткого замыкания. Поэтому единичная мощность трансформаторов, питающих электроустановки до 1000 В, ограничивается допустимыми величинами тока короткого замыкания. Число типоразмеров трансформаторов в цехе должно быть минимальным.

Выбор номинальной мощности трансформаторов следует производить по расчётной мощности нормального и аварийного режимов работы исходя из рациональной загрузки в нормальном режиме и с учётом минимально необходимого резервирования в послеаварийном режиме. Номинальная мощность трансформаторов $S_{н.т}$ определяется по средней нагрузке P_c за максимально загруженную смену:

$$P_c / (N K_z), \text{ где: } \geq S_{н.т}$$

N – минимальное чётное число трансформаторов;

K_z – коэффициент загрузки трансформатора.

Наивыгоднейшая загрузка цеховых трансформаторов зависит от категории надёжности потребителей электроэнергии, от числа трансформаторов и способа резервирования. Принимаем следующий коэффициент загрузки трансформаторов: для объектов с нагрузкой 2 категории для двух трансформаторов.
 $K_{ТП} - K_z = 0,8$.

Принимаем минимальное число цеховых трансформаторов N_{min} одинаковой мощности $S_{н.т}$, предназначенных для питания технологически связанных нагрузок, которое равно: $N_{опт} = N_{min} = 2$.

2.4.2 Выбор трансформаторов для КТП

Полная средняя нагрузка за смену составляет:

$$S_c = \sqrt{(P_{c1} + P_{c2})^2 + (Q_{c1} + Q_{c2})^2} = \sqrt{(204,1 + 198,9)^2 + (152,3 + 150,6)^2} = 504,2 \text{ кВА.}$$

где: P_c и Q_c – активная и реактивная мощности на низком напряжении.

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

Расчетная мощность трансформатора равна:

$$P_c/(NK_3) = 403/(2*0,76) = 265,2 \text{ кВА.} \geq S_{н.т}$$

Принимаем к установке двухтрансформаторную комплектные подстанции КТП 400 – 6/0,4 с трансформаторами ТМ 400/6 мощностью $S_{н.т}=400$ кВА.

При выборе числа и мощности цеховых трансформаторов одновременно решается вопрос об определении экономически целесообразной величине реактивной мощности, передаваемой через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ:

$$Q_{\max} = \sqrt{(N_{\text{онт}} * K_3 * S_{н.т.})^2 - P_c^2} = \sqrt{(2*0,76*400)^2 - 403^2} = 455,3 \text{ квар.}$$

Мощность $Q_{нк1}$ на стороне низкого напряжения составляет:

$$Q_{нк1} = Q_c - Q_{\max.т} = 302,9 - 455,3 = -152,4 \text{ квар.}$$

Конденсаторные батареи не требуются.

Технические данные трансформаторов ТМ-400/6

Потери холостого хода $P_{хх} = 1,2$ кВт;

Потери короткого замыкания $P_{кз} = 5,5$ кВт;

Напряжение короткого замыкания $U_{кз} = 4,5\%$;

Ток холостого хода $I_{хх} = 2,1\%$.

Полные потери в трансформаторе: КТП-1

$$\Delta P_T = P_{хх} + \beta^2 P_{кз} = 1,2 + 0,73^2 * 5,5 = 5,23 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = Q_{хх} + \beta^2 Q_{кз} = 8,4 + 0,73^2 * 18 = 21,54 \text{ квар.}$$

где: β – коэффициент загрузки трансформаторов:

$$\beta = S_{фак}/S_n = 293,5/400 = 0,73$$

$Q_{хх}$ – реактивные потери холостого хода:

$$Q_{хх} = S_{н.т} I_{хх} / 100 = 400 * 2,1 / 100 = 8,4 \text{ квар.}$$

$Q_{кз}$ – реактивные потери короткого замыкания:

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

$$Q_{K3} = S_{HT} U_{K3} / 100 = 400 * 4,5 / 100 = 18 \text{ квар.}$$

Полные потери в трансформаторе: КТП-2

$$\Delta P_T = P_{XX} + \beta^2 P_{K3} = 1,2 + 0,72 * 5,5 = 5,16 \text{ кВт;}$$

$$\Delta Q_T = Q_{XX} + \beta^2 Q_{K3} = 8,4 + 0,72 * 18 = 21,36 \text{ квар.}$$

где: β – коэффициент загрузки трансформаторов:

$$\beta = S_{фак} / S_H = 287,7 / 400 = 0,72$$

Q_{XX} – реактивные потери холостого хода:

$$Q_{XX} = S_{HT} I_{XX} / 100 = 400 * 2,1 / 100 = 8,4 \text{ квар.}$$

Q_{K3} – реактивные потери короткого замыкания:

$$Q_{K3} = S_{HT} U_{K3} / 100 = 400 * 4,5 / 100 = 18 \text{ квар.}$$

2.4.3 Выбор силовых трансформаторов подстанции №1 110/6 кВ

Подстанция №1 служит для понижения напряжения с 110 до 6 кВ, которое используется для питания высоковольтных электродно водогрейных котлов и питания КТП. Каждая секция шин обеспечивает электроснабжение одной КТП 400 кВА, трех КЭВ 4 мВА и других нагрузок предприятия.

Полная средняя нагрузка за смену составляет:

$$S_c = \sqrt{(P_{c1} + P_{c2})^2 + (Q_{c1} + Q_{c2})^2} = \sqrt{(7809,1 + 5178)^2 + (2662,5 + 1763)^2} = 13720 \text{ кВА.}$$

где: P_c и Q_c – активная и реактивная мощности.

Расчетная мощность трансформатора равна:

$$P_c / (N K_3) = 12987,1 / (2 * 0,76) = 8544,2 \text{ кВА.} \geq S_{H.T}$$

Принимаем к установке два трансформатора ТДТН-10000 / 110

При выборе числа и мощности трансформаторов одновременно решается вопрос об определении экономически целесообразной величине реактивной мощности, передаваемой через трансформаторы в сеть напряжением 6 кВ:

$$Q_{max} = \sqrt{(N_{онм} * K_3 * S_{н.м.})^2 - P_c^2} = \sqrt{(2 * 0,76 * 10000)^2 - 12987,1^2} = 7898 \text{ квар.}$$

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

Мощность $Q_{нк1}$ на стороне напряжения 6кВ составляет:

$$Q_{нк1} = Q_c - Q_{\max.T} = 4425,5 - 7898 = -3472,5 \text{ квар.}$$

Конденсаторные батареи не требуются.

Технические данные трансформатора ТДТН-10000 /110

Потери холостого хода $P_{хх} = 23 \text{ кВт;}$

Потери короткого замыкания $P_{кз} = 76 \text{ кВт;}$

Напряжение короткого замыкания $U_{кз} = 17\%;$

Ток холостого хода $I_{хх} = 0,6\%.$

Полные потери в трансформаторе: 1Т (ТДТН-10000/110)

$$\Delta P_T = P_{хх} + \beta^2 P_{кз} = 23 + 0,85^2 \cdot 76 = 88 \text{ кВт;}$$

$$\Delta Q_T = Q_{хх} + \beta^2 Q_{кз} = 60 + 0,85^2 \cdot 1700 = 1505 \text{ квар.}$$

$$\text{где: } \beta = S_{фак}/S_N = 9240,6/10000 = 0,92$$

$$Q_{хх} = S_{NT} I_{хх} / 100 = 10000 \cdot 0,6 / 100 = 60 \text{ квар.}$$

$$Q_{кз} = S_{NT} U_{кз} / 100 = 10000 \cdot 17 / 100 = 1700 \text{ квар.}$$

Полные потери в трансформаторе: 2Т(ТДТН-10000/110)

$$\Delta P_T = P_{хх} + \beta^2 P_{кз} = 23 + 0,53^2 \cdot 76 = 64 \text{ кВт;}$$

$$\Delta Q_T = Q_{хх} + \beta^2 Q_{кз} = 60 + 0,53^2 \cdot 1700 = 961 \text{ квар.}$$

$$\text{где: } \beta = S_{фак}/S_N = 7275/10000 = 0,73$$

$$Q_{хх} = S_{NT} I_{хх} / 100 = 10000 \cdot 0,6 / 100 = 60 \text{ квар.}$$

$$Q_{кз} = S_{NT} U_{кз} / 100 = 10000 \cdot 17 / 100 = 1700 \text{ квар}$$

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

2.5 Выбор кабеля

Выбор сечений по нагреву осуществляется по расчетному току, определяемому по полной расчётной мощности, передаваемой по кабелю. За расчетную мощность S_p одиночного электроприёмника принимается его полная номинальная мощность. Расчётные данные для выбора кабелей приведены в таблице 2.5.1

Таблица 2.5.1

РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ				ОБОЗНАЧЕНИЕ И РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ	№ПП	
НАИМЕНОВАНИЕ УЧАСТКА ИЛИ НАЗНАЧЕНИЕ ЛИНИИ И ЕЁ НОМЕР					1	КТП-1
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	НАГРУЗКА УСТАНОВКИ	МОЩНОСТЬ	Sp,кВА	2	310,6	
		ТОК	Ip, А	3	29,9	
	НАГРУЗКА ОДНОЙ НАИБОЛЕЕ ЗАГРУЖЕННОЙ ЛИНИИ В РЕЖИМЕ	НОРМАЛЬНОМ		4	29,9	
		АВАРИЙНОМ	ДЛИТЕЛЬНОМ	5	59,3	
			КРАТКОВРЕМЕННОМ	6	-	
	ДЛИНА УЧАСТКА, км				7	40
	СПОСОБ ПРОКЛАДКИ				8	В КОРОБЕ
РАСЧЕТЫ	ПО ДОПУСТИМОМУ НАГРЕВУ	КОЛИЧЕСТВО КАБЕЛЕЙ		9	6	
		ГРУППА БЛОКА НОМЕР		10	-	
		КОЭФФИЦИЕНТЫ		11	0,94; 0,85	
		СЕЧЕНИЕ		12	25	
	ПО ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА	ГОДОВОЕ ЧИСЛО ЧАСОВ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ		13	6000	
		ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПЛОТНОСТЬ ТОКА		14	1,2	
		СЕЧЕНИЕ		15	49,4	
	ПО ТОКУ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ	ПРИВЕДЕННОЕ ВРЕМЯ		16	0,6	
		ТОК КЗ, А		17	4910	
		СЕЧЕНИЕ		18	50	
	$\Delta U = \sqrt{3} I_{\Sigma} l(r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi) \frac{100}{U}$				19	0,15

ВЫБРАН КАБЕЛЬ	МАРКА	20	АВВГ
	КОЛИЧЕСТВО КАБЕЛЕЙ И ЖИЛ, СЕЧЕНИЕ ЖИЛ (ШТ ММ КВ)	21	3*50
	ДОПУСТИМАЯ НАГРУЗКА	22	83

5	6	7	8	9	10	11	12
1	КТП-2	КЭВ-1,3	КЭВ-2,4	КЭВ-5	КЭВ-6	Потребители других цехов предприятия 1 секции	Потребители других цехов предприятия 2 секции
2	305,3	4000	4000	4000	4000	630	630
3	29,4	385	385	385	385	61	61
4	1	3	3	3	3	1	1
5	29,4	385	385	385	385	61	61
6	59,3	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—
8	20	20	30	35	30	100	115
9	В коробе	в коробе	в коробе	в коробе	в коробе	в земле	в земле
10	6	6	6	6	6	2	2
11	—	—	—	—	—	—	—
12	0,94*0,85	0,87*0,85	0,87*0,85	0,87*0,75	0,87*0,75	094*09	094*09
13	25	3(3x150)	3(3x150)	3(3x150)	3(3x150)	16	16
14	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
15	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
16	20,8	463	463	463	463	13,3	13,3
17	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
18	4910	4960	4940	4920	4940	4760	4719
19	50	54	54	53	54	52	51
20	0,16	0,23	0,35	0,40	0,35	0,37	0,43
21	АВВГ	АВВГ	АВВГ	АВВГ	АВВГ	АВВГ	АВВГ
22	3x50	3(3x185)	3(3x185)	3(3x185)	3(3x185)	3x50	3x50
23	83	528	528	528	528	148	148

Продолжение таблицы 2.5.1

2.5.2 Расчёт токов короткого замыкания в сетях напряжением выше 1000В

При проектировании систем электроснабжения учитываются не только нормальные продолжительные режимы работы электроустановок, но и их аварийные режимы. Одним из аварийных режимов является короткое замыкание.

В системе трёхфазного переменного тока могут возникнуть трёхфазные, двухфазные и однофазные короткие замыкания, а также двойные замыкания

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

на землю. Трёхфазные замыкания вызывают в поврежденной сети наибольшие токи, поэтому при выборе аппаратуры за расчётный ток короткого замыкания принимают ток трёхфазного замыкания. Причинами замыканий могут быть:

- 1.механические повреждения изоляции, проколы и разрушения кабелей при земляных работах;
- 2.старение, износ изоляции;
- 3.увлажнение изоляции;
- 4.различные набросы на провода;
- 5.перекрытие фаз животными и птицами;
- 6.перекрытие фаз вследствие атмосферных перенапряжений.

Последствиями замыканий являются резкое увеличение тока и снижение напряжения в отдельных точках системы. Увеличение тока приводит к значительным механическим воздействиям на токоведущие части и изоляторы, обмотки электрических машин; вызывает повышенный нагрев токоведущих частей и изоляции. Снижение напряжения приводит к нарушению нормальной работы механизмов – затормаживаются двигатели, прекращается работа оборудования.

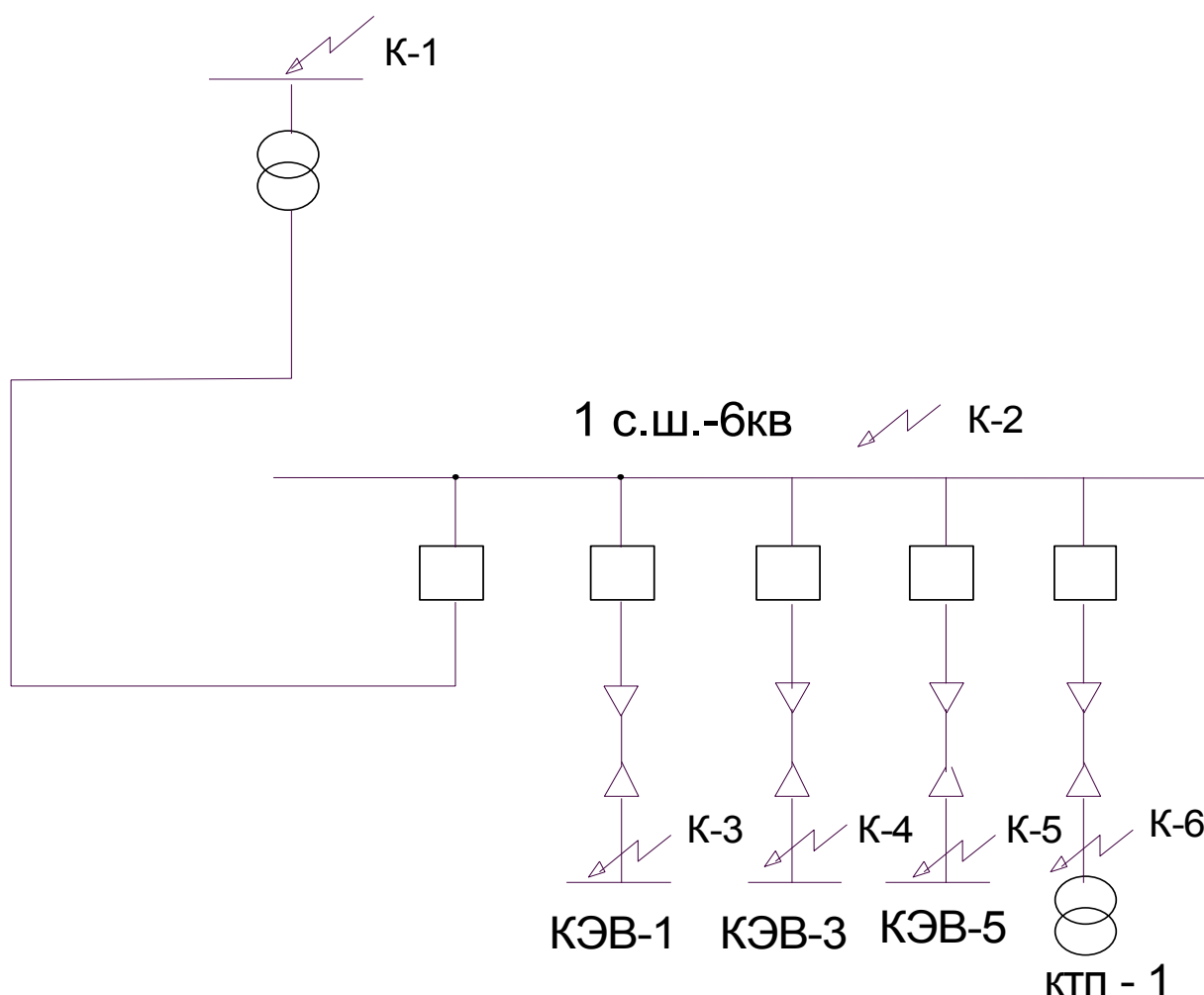


Рисунок 2.5.1 (а) Однолинейная схема

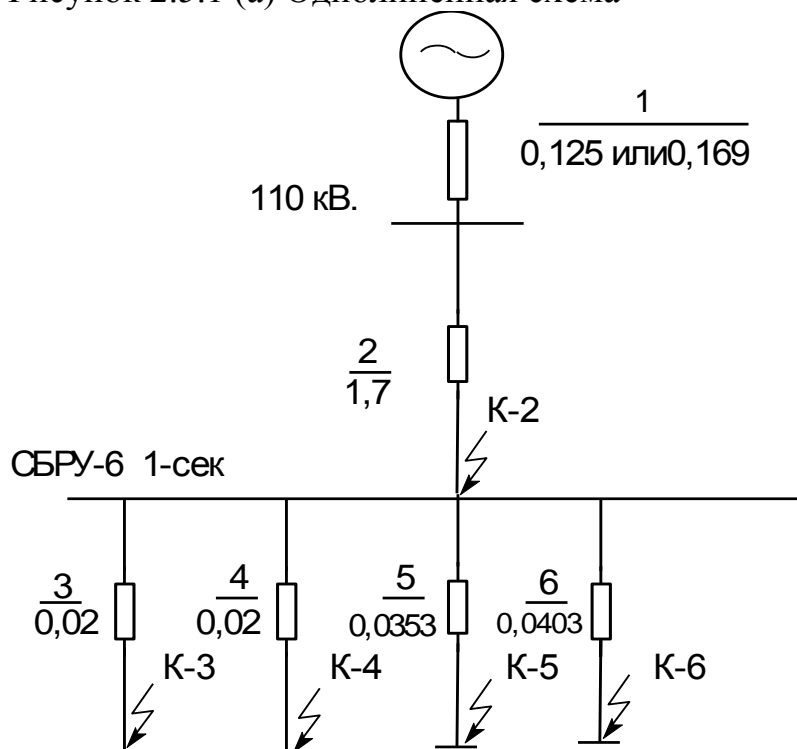


Рисунок 2.5.2 (б) Схема замещения

Расчетный ток КЗ определяется исходя из условия повреждения в такой точке рассматриваемой цепи, в которой при коротком замыкании аппараты и проводники этой цепи находятся в наиболее тяжелых условиях. Основным расчетным видом является симметричное трехфазное КЗ.

При расчетах токов КЗ не считаются с кратковременными видоизменениями схемы, такими, как включение резервного трансформатора на параллельную работу при последующем немедленном отключении работающего и т. п. Более длительные видоизменения схемы должны учитываться. Так, например, при расчете токов КЗ на подстанциях с двумя секциями шин должен учитываться режим работы обеих секций от одного трансформатора или ввода с учетом подпитки места КЗ от всех двигателей, подключенных к обеим секциям шин.

При выполнении расчетов учитываются индуктивные сопротивления электрических машин, силовых трансформаторов и автотрансформаторов, реакторов, воздушных и кабельных линий, а также токопроводов.

Активные сопротивления учитываются только для воздушных линий с проводниками малых сечений и стальными проводниками, а также для протяженных кабельных линий малых сечений с большим активным сопротивлением. Для ограничения тока КЗ применяется: раздельная работа линий, раздельная работа трансформаторов и секционирование сборных шин на всех ступенях электроснабжения. Если этого недостаточно, то предусматриваются дополнительные мероприятия. Линейные реакторы устанавливаются только для ограничения мощности КЗ до величин,

соответствующих номинальной мощности отключения выключателей в сетях, присоединенных к ним, а не по условиям поддержания уровня напряжения.

Рекомендуется токи КЗ в цеховых сетях рассчитывать в системе относительных базисных величин. Мощность электрической системы допускается принимать равной бесконечности. Для определения сопротивления системы необходимо иметь данные о токах и мощности КЗ или отключающую способность электрических аппаратов на вводах линий, питающих цеховые сети. Токи КЗ, поступающие к расчетной точке КЗ от крупных синхронных и асинхронных электродвигателей, рекомендуется определять по правилам расчетов для систем с ограниченной мощностью источников питания – с использованием расчетных кривых для генераторов по справочной литературе.

Расчёт тока короткого замыкания выполняется в следующем порядке:

- а) составляется однолинейная расчетная схема с указанием всех элементов сети и их номинальных характеристик, используемых при вычислении токов КЗ ;
- б) на расчетной схеме выбираются расчетные точки КЗ;
- в) принимаются базисные условия (мощность S_b и напряжение U_b) и по ним вычисляется базисный ток I_b ;
- г) приводятся сопротивления всех элементов схемы, выраженные в относительных единицах, к базисной мощности;
- д) составляется упрощенная схема замещения;
- е) определяется результирующее $x^*_{рез}$, отнесенное к базисной мощности сопротивление до точки КЗ;
- ж) вычисляется расчетное сопротивление до точки КЗ ($x^*_{расч}$);
- з) по расчетным кривым определяются кратности тока КЗ K_t для различных моментов времени (0; 0, 2; с.) ;
- и) определяются токи и мощности КЗ (I'' , I_0 , 2, i_y , $S_{0,2}$).

Принципиальная схема и схемы замещения для рассматриваемой сети приведены на рисунках. Расчёты сопротивлений элементов электроснабжения приведены в таблице 2.5.2.

Таблица 2.5.2 Расчет сопротивлений элементов электроснабжения

Элемент системы	Расчётные формулы	Обозначение	Величина
1	2	3	4
Базисные величины	S_b , МВА $U_c = U_b$, кВ $I_b = S_b / \sqrt{3} U_b$, кА		100 115,5 0,50
Энергосистема	$x^*_{б.с} = S_b / S_k$ $S = \sqrt{3} I^{(3)}_{кз} U_{ср}$ $I^{(3)}_{кз \text{ max}} = 4 \text{ кА}$, $I^{(3)}_{кз \text{ min}} = 3 \text{ кА}$	$X_c \text{ max}$ $X_c \text{ min}$	0.125 0.169

Трансформатор	$x_{*б.т} = U_k S_б / 100 S_{н.т}$	X2	1,7
Кабельные линии	$x_{*б.л} = \frac{x_{уд} l S_б}{U_б^2}$	X3 X4 X5 X6	0,02 0,02 0,0353 0,0403
Базисный ток на стороне 6 кВ	$I_б = S_б / \sqrt{3} U_б, \text{ кА}$		9,16

Расчет токов короткого замыкания приведён в таблице 2.5.3

При питании, как в нашем случае, от системы неограниченной мощности
 $I''=I_0,2=I_\infty=I_б/x_{*б}$ рез

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

2.6. Выбор электрооборудования

Выбор электрооборудования выполняем путем заполнения таблицы 2.6. Ниже формул, указываются соответствующие числовые величины и количество штук электрооборудования. Электрооборудование выбирается для всех высоковольтных эл. котлов, ТП. В качестве высоковольтного оборудования предлагается использовать комплектное оборудование типа КРУ – 6.

Выключатели выше 1 кВ следует выбирать:

- 1) по отключающей способности с учетом параметров восстанавливающегося напряжения;
- 2) по включающей способности. При этом выключатели генераторов, установленные на стороне генераторного напряжения, проверяются только на несинхронное включение в условиях противофазы.
- 3) Предохранители следует выбирать по отключающей способности.

При этом в качестве расчетного тока следует принимать действующее значение периодической составляющей начального тока КЗ без учета токоограничивающей способности предохранителей.

Выключатели нагрузки и короткозамыкатели следует выбирать по предельно допустимому току, возникающему при включении на КЗ.

Отделители и разъединители не требуется проверять по коммутационной способности при КЗ. При использовании отделителей и разъединителей для отключения – включения ненагруженных линий, ненагруженных трансформаторов или уравнильных токов параллельных цепей отделители и разъединители следует проверять по режиму включения- отключения.

2.7 Выбор проводников напряжением до 1 кв

2.7.1 Выбор сечений проводников по нагреву

ПУЭ предписывают производить выбор сечений проводов, кабелей и шинопроводов производить по допустимой длительной нагрузке на проводники. Температура токоведущих жил в длительном режиме работы не должна достигать значений, опасных для состояния их изоляции. Поэтому выбор сечений проводников в сетях напряжением до 1000 В, прокладываемых в помещениях, тесно связан с выбором плавких вставок и уставок расцепителей автоматических выключателей. К выбору сечений проводников приступают после определения номинальных токов плавких вставок предохранителей и уставок расцепителей автоматических выключателей.

По условиям нагрева длительным расчетным током I_p допустимый ток в проводнике $I_{пр}$ определяется из выражения:

$$I_p \quad I_{пр} = k_p I_{дл},$$

где $I_{дл}$ - табличное значение длительного допустимого тока в проводнике [1 табл. ПЗ.3], А; k_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия прокладки проводов, кабелей и шинопроводов [1, табл. ПЗ.4. - ПЗ.6.].

Согласно ПУЭ предельное допустимое соотношение между током срабатывания защитного аппарата I_z и длительно допустимым током по нагреву $I_{пр}$ для проводников силовых и осветительных сетей

$$I_{пр} > k_z I_z,$$

где k_z - коэффициенты защиты, значения которых приведены в [1, табл. 8.2].

Выбор проводников по нагреву рекомендуется сводить в таблицу 2

Таблица 2.7.1– Выбор сечений проводников по нагреву

№ п / п	Но мер участка сети	Электроприемник				Аппаратура коммутации управления и защиты								
		Наименование электроприемника, тип, номер на плане силовой сети	Р и л и Р н, кВт	Ир и л и Iн, А	Ип и л и Iк р, А	Тип шкафа, ящика или блока	Номинальный ток устройства, А	Тип автоматического выключателя	Уставка расцепителя выключателя	Тип магнитного пускателя	Тип тепловых реле	Номинальный ток уставки теплового реле	Плавкий предохранитель	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	НЗ 4	Шкаф собственных нужд №1	27	54,5	-	ПР-8503-2-2073-5УХЛЗ	100	ВА52-31	63	-	-	-	-	-
2	Н1 7	ЩСУ-1	260	390,6	1444	ПР-8513 39-20222 5411М	630	ВА52-39	400	-	-	-	-	-
ЩСУ -№1														
3	НЗ-1	Перекач.насос, двигатель 4А180 М4	30	53	231	Устройство управления электроприводами и Б5101-3774-УХЛ-4	50	ВА52-31	38	ПМ А-620 2М	РТЛ	60	-	-
4	Н1-1	Подпиточ.насос, двигатель 4А180 М4	30	53	231	Устройство управления электроприводами и Б5101-3774-УХЛ-4	50	ВА52-31	38	ПМ А-620 2М	РТЛ	60	-	-

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
5	310	1	310	в воздухе +30 ⁰ С, на расстоян ии 100 мм 6 других кабелей	0,94х 0,85	319	400	АВВГ	2(4*120)
6	45	1	45	в воздухе +30 ⁰ С, на расстоян ии 100 мм 6 других кабелей	0,94х 0,85	48	60	АВВГ	5*16
7	16	1	16	в воздухе +30 ⁰ С, на расстоян ии 100 мм 6 других кабелей	0,94х 0,85	22	27	АВВГ	5*4
8	16	1	16	в воздухе +30 ⁰ С, на расстоян ии 100 мм 6 других кабелей	0,94х 0,85	22	27	АВВГ	5*4
9	12,5	1	12,5	в воздухе +30 ⁰ С, на расстоян ии 100 мм 6 других кабелей	0,94х 0,85	28	35	КГ	5*4

10	16	1	16	В воздухе +30 ⁰ С, на расстоян ии 100 мм 6 других кабелей	0,94х 0,85	22	27	АВВГ	5*4
11	60	1	60	В воздухе +30 ⁰ С, на расстоян ии 100 мм 6 других кабелей	0,94х 0,85	72	90	АВВГ	4*35

ЩСУ-2														
13	H2-1	Перекач насос, двигатель 4A180M4	30	53	231	Устройство управления электроприводами Б5101-3774-УХЛ-4	100	BA-52-31	63	ПМА-6202M	PTЛ	60	-	-
14	H4-1	Подпиточ насос, двигатель 4A180M4	30	53	231	Устройство управления электроприводами Б5101-3774-УХЛ-4	100	BA-52-31	63	ПМА-6202M	PTЛ	60	-	-
15	H6-1	Сетевой насос Двигатель 4A315M4	200	334	2004	Устройство управления электроприводами Б5101-4674-УХЛ-4	400	BA52-37	400	КТ6034С	PTЛ 1000	340	-	-

Продолжение таблицы 2.7.1

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
12	400	1	400	в воздухе +30 ⁰ С, на расстоянии 100 мм 5 других кабелей	0,94x0,85	431	540	АВВГ	2(4*185)

13	60	1	60	в воздухе +30 ⁰ С, на расстоянии 100 мм 5 других кабелей	0,94x0,85	72	90	АВВГ	4*35
14	60	1	60	в воздухе +30 ⁰ С, на расстоянии 100 мм 5 других кабелей	0,94x0,85	72	90	АВВГ	4*35
15	310	1	310	в воздухе +30 ⁰ С, на расстоянии 100 мм 5 других кабелей	0,94x0,85	319	400	АВВГ	2(4*120)

Продолжение таблицы 2.7.1

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

2.8.1 Проверка проводников по потере напряжения

Проверка проводников по потере напряжения приведена в таблице 2.8.1.
Расчет располагаемой потери напряжения показан в таблице 2.8.1.

Таблица 2.8.1 – Расчет располагаемой потери напряжения

Расчетные величины и формулы		Номер КТП		
		1	№1	№2
Расчетный ток нагрузки $I_p = S_p / \sqrt{3} U_n, A$		2	449	441
Номинальный ток трансформатора $I_{н.т} = S_{н.т} / \sqrt{3} U_n, A$		3	578	578
Коэффициент загрузки трансформатора $\beta = I_p / I_{н.т}$		4	0,78	0,76
Параметры трансформатора	$P_{кз}, кВт$	5	5,5	5,5
	$S_{н.т}, кВА$	6	400	400
	$U_{кз} \%, \%$	7	4,5	4,5
Потеря напряжения в трансформаторе	$U_a \% = 100 P_{кз} / S_{н.т}, \%$	8	1,37	1,37
	$U_p \% = \sqrt{(U_k \%)^2 - (U_a \%)^2}, \%$	9	4,29	4,29
	$\Delta U_t \% = \beta (U_a \% \cos \varphi + U_p \% \sin \varphi), \%$	10	2,57	2,0
Располагаемая потеря напряжения в сети	$\Delta U_c \% = 10\% - \Delta U_t \%;$ или	11	7,43	8
	$\Delta U_c \% = 7,5\% - \Delta U_t \%,$	12	4,93	5,5

В условиях нормальной работы ЭП отклонения напряжения на их клеммах от номинального значения допускаются в следующих пределах:

- 5% — +10% - на зажимах электродвигателей и аппаратов;
- 2,5% — +5% - на зажимах приборов рабочего освещения;

2.9 Расчёт токов короткого замыкания в сетях низкого напряжения

По расчетным величинам токов КЗ в сетях переменного тока напряжением до 1000 В выбирается электрооборудование по отключающей способности, условиям термической и динамической устойчивости, определяются уставки срабатывания защит и защитных аппаратов, установленных в сети.

Внутрицеховые электрические сети напряжением до 1000 В выполнены с глухим заземлением нейтрали. Короткие замыкания могут быть металлическими (в случае, если токоведущие части разных фаз соединяются болтами или термически стойкой штатной закороткой) или дуговые. Наиболее вероятным видом КЗ является дуговое. Ток дугового КЗ всегда меньше тока металлического КЗ в этой же точке. Таким образом в каждой расчетной точке необходимо определять ток металлического КЗ и дугового КЗ. По току металлического трехфазного КЗ проверяются аппараты на отключающую способность, а также по термической и динамической стойкости. По току дугового однофазного КЗ в точке, находящейся в конце защищаемого участка сети, производится проверка успешности срабатывания защитных аппаратов и уточняются уставки срабатывания защиты.

При расчетах токов КЗ в сети напряжением до 1000 В необходимо учитывать: индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи, включая силовые трансформаторы, проводники, трансформаторы тока, реакторы, токовые катушки автоматических выключателей; активные сопротивления короткозамкнутой цепи; активные сопротивления контактов и контактных соединений; токоограничивающее влияние электрической дуги.

2.9.1 Исходные данные

Данные трансформатора 1ТП приведены в таблице 2.9.1.

Таблица 2.9.1. Данные трансформатора 1ТП

Номер тра	Тип трансформатора	Справочные данные					Расчётные сопротивления	
		Схема соедин.	Uкз, %	Pкз, кВт	Xот, мОм	Rот, мОм	Xт, мОм	Rт, мОм
1Т	ТМ 400/6/0,4	Δ/Y	4,5	5,5	17	5,9	17,14	5,5

Таблица 2.9.2. Сопротивления элементов цепи

Обозначение	Наименование	Длина, м	Удельное сопротивление, мОм/м				Расчётное сопротивление, мОм/м			
			X ₁₀	R ₁₀	X ₀₀	R ₀₀	R ₁	X ₁	R ₀	X ₀
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Система: мах	—	—	—	—	—	2,09	—	—	—

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						100

	мин	-	-	-	-	-	1,55	-	-	-
T1	TM400	-	-	-	-	-	17,14	5,5	17	5,9
QS	P-1000	-	-	-	-	-	-	0,08	-	0,08
TA1	800/5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QS1	P-400	-	-	-	-	-	-	0,2	-	0,2
QS2	P-400	-	-	-	-	-	-	0,2	-	0,2
FU1	ПН-2 600А	-	-	-	-	-	-	0,13	-	0,13
QF1-2	A37368 630А	-	-	-	-	-	0,13	0,41	0,13	0,41
Кт1	Болтовые соединения каб 185 ²	-	-	-	-	-	-	0,021	-	0,021
Кт2	Болтовые соединения кааб 50 ²	-	-	-	-	-	-	0,043	-	0,043
КЛ1	АВВГ 2(4*185)	25 20 25	0,256	0,063	0,276	0,43	0,787 0,63 0,787	3,2 2,56 3,2	5,37 4,3 5,37	3,45 2,76 3,45
КЛ2		20					0,63	2,56	4,3	2,76
Кт3	Болтовые соединения каб 150 ²	-	-	-	-	-	-	0,012	-	0,012
Кт4	Болтовые соединения кааб 25 ²	-	-	-	-	-	-	0,064	-	0,064
QF3	ВА57-31 100/63	-	-	-	-	-	3,5	2	3,5	2
QF4	А52-37 400/400	-	-	-	-	-	0,17	0,65	0,17	0,65
QF5	ВА52-31 100/63	-	-	-	-	-	3,5	2	3,5	2
QF6	ВА52-31 100/63	-	-	-	-	-	4,5	7	4,5	7
КЛ3	АВВГ 3*25	47	0,894	0,088	3,64	2,17	4,136	42	101,9	171,0
КЛ4	АВВГ 2(4*150)	27	0,04	0,104	0,041	0,223	2,808	0,043	6,0	1,107
Ктк	Контактное соедин. Кам аппаратов							1		1

Продолжение таблицы 2.9.2

Схемы замещения для коротких замыканий в точках К1-К5
представлены на рисунках 2.9.1.- 2.9.5.

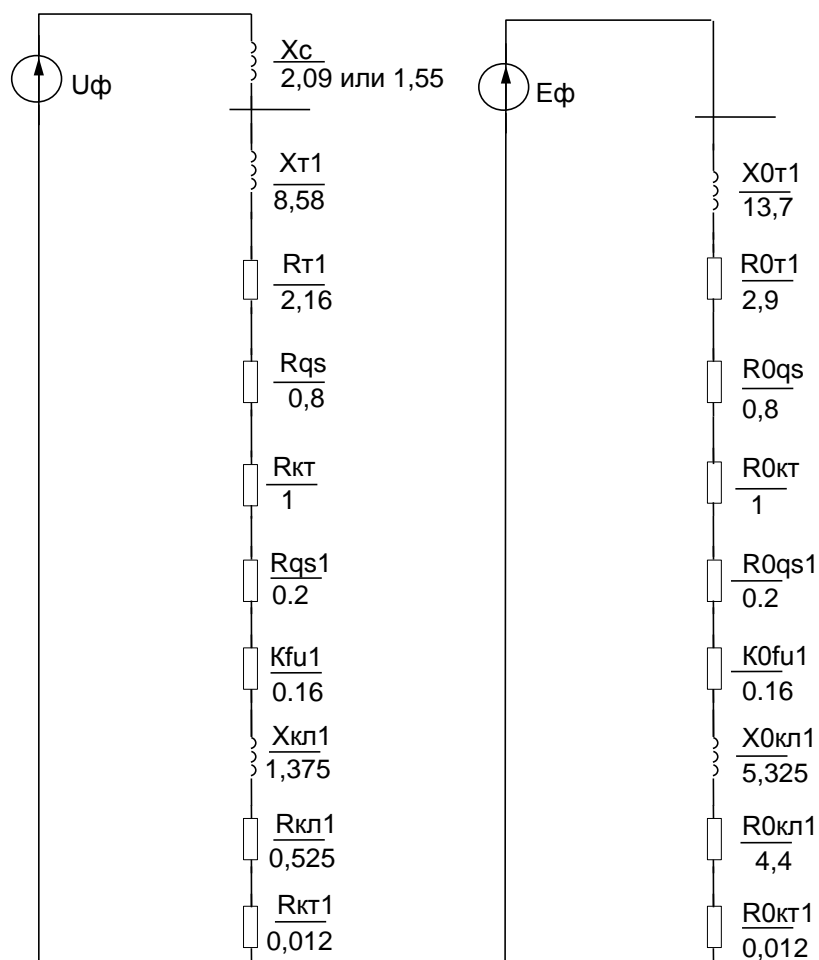


Рисунок 2.9.1. Схема замещения для КЗ в точке К1

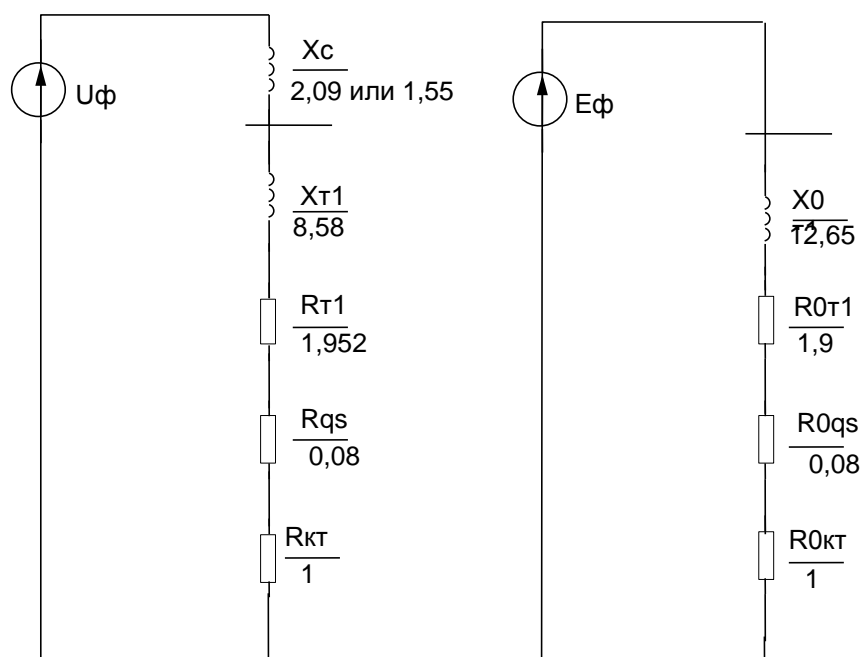


Рисунок 2.9.2 Схема замещения для КЗ в точке К2

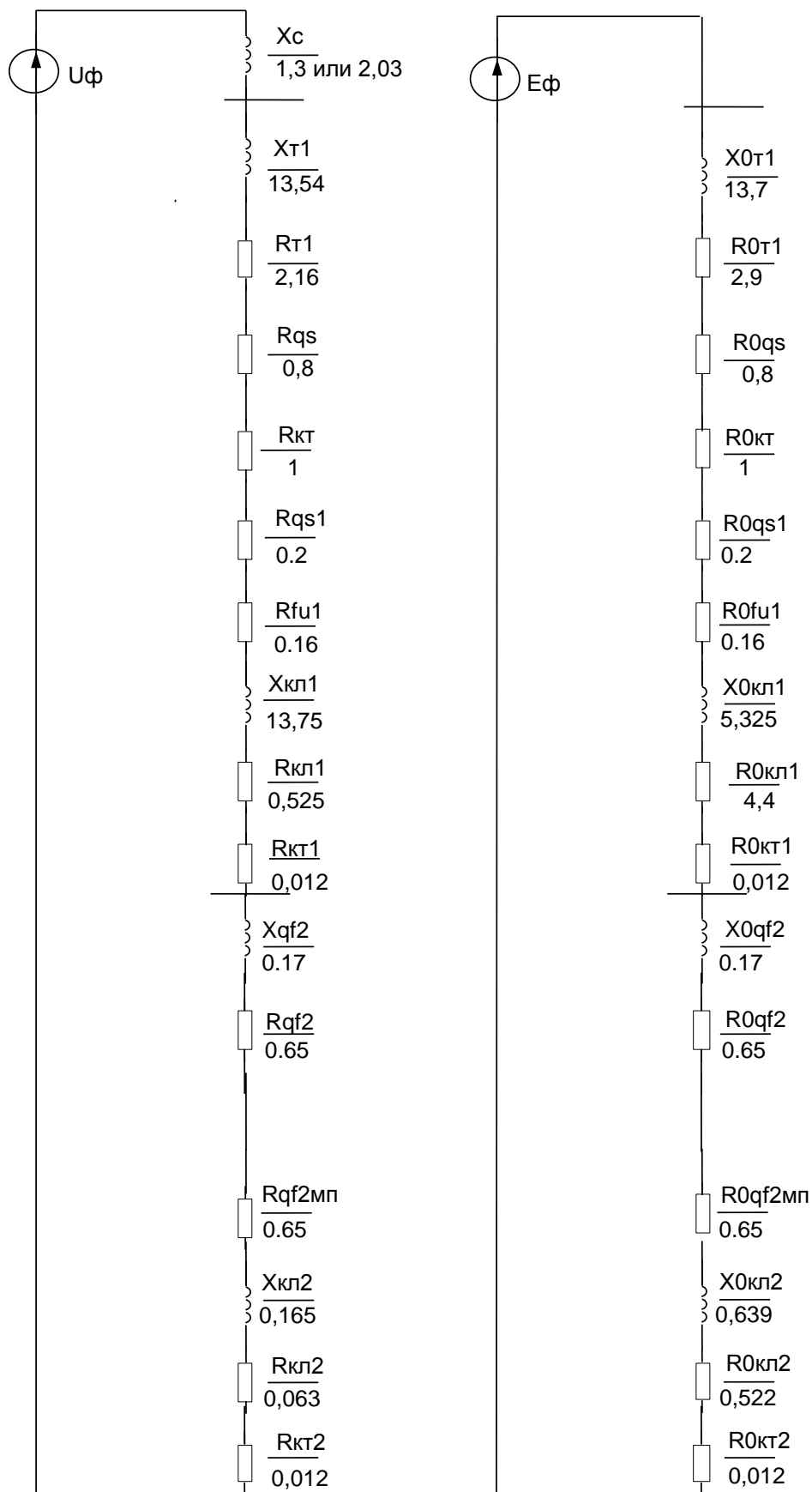


Рисунок 2.9.3 Схема замещения для КЗ в точке К3

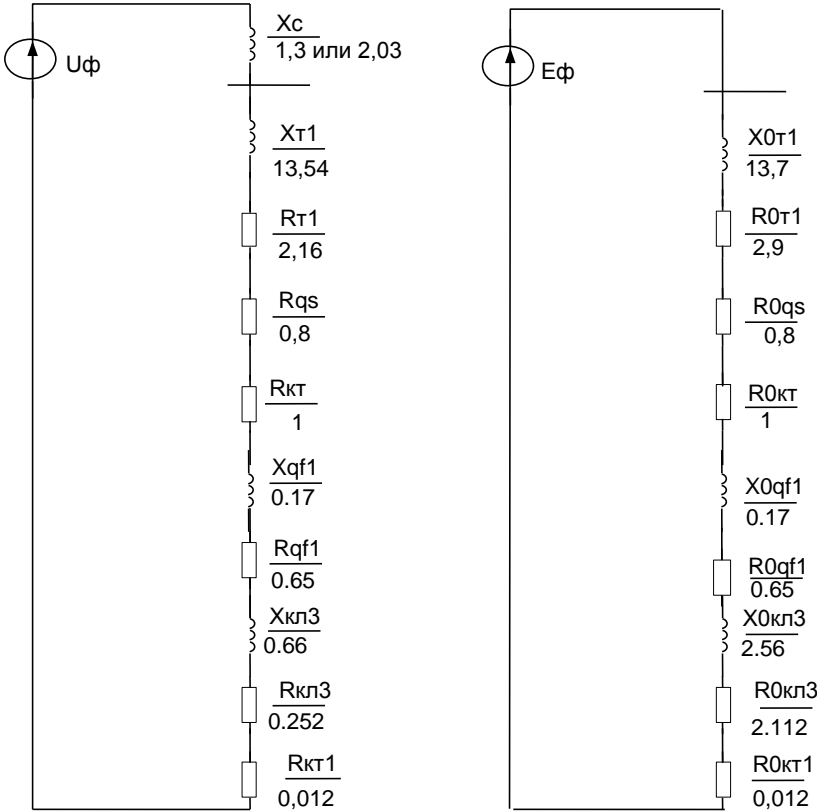


Рисунок 2.9.4 Схема замещения для КЗ в точке К4

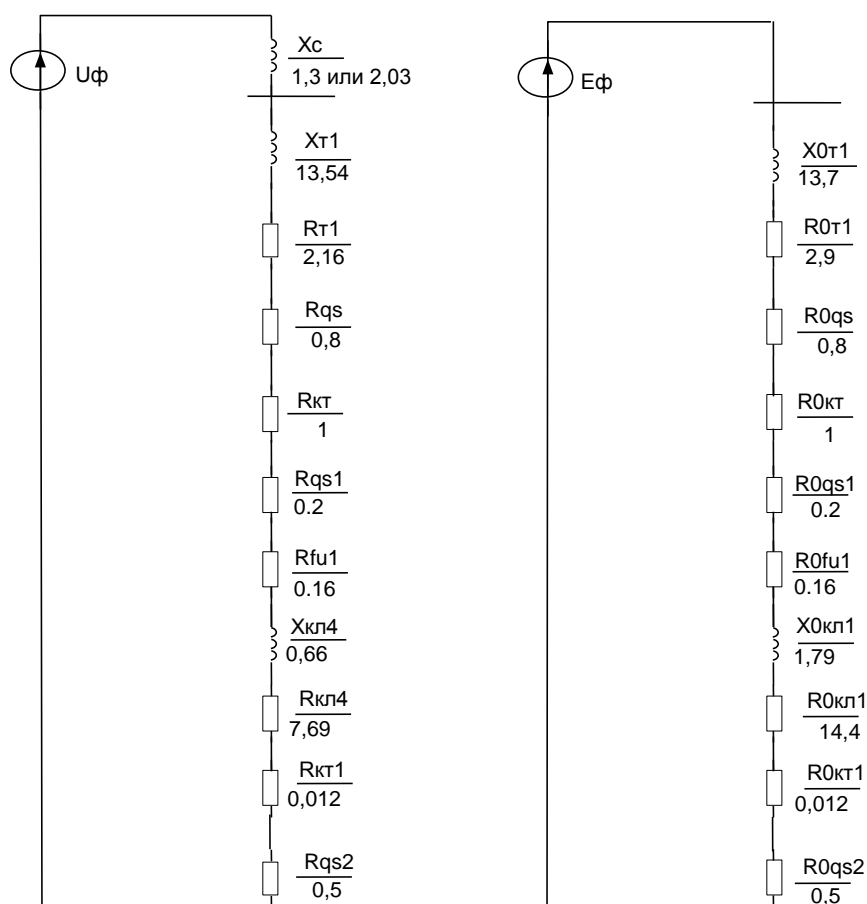


Рисунок.2.9.5 Схема замещения КЗ в точке К5

Таблица 2.9.3 Расчёт токов короткого замыкания

Расчет ТКЗ					
	K1	K2	K3	K4	K5
$R_{1\Sigma}$	55,97	10,41	22,42	6,946	54,59
$X_{1\Sigma\max}$	17,7	12,79	17,36	11,62	17,67
$X_{1\Sigma\min}$	17,2	12,25	10,33	11,08	17,16
Металлический трехфазный ток КЗ					
$Z_{\text{кз max}}^{(3)}$	58,7	16,4	28,35	13,53	57,3
$Z_{\text{кз min}}^{(3)}$	58,55	16,07	24,68	13	57,2
$I_{\text{пОмmax}}^{(3)}$	3,95	14,38	9,36	17,78	4,03
$I_{\text{пОмmin}}^{(3)}$	3,93	14,08	8,15	17	4,0
Дуговой ток КЗ максимальный					
$K_{\text{с.нач}}$	0,824	0,688	0,727	0,6785	0,819
$K_{\text{с.уст}}$	0,745	0,618	0,642	0,604	0,727
$I_{\text{дугЗначтах}}^{(3)}$	3,25	9,89	6,8	12	3,3
$I_{\text{дугЗусттах}}^{(3)}$	2,94	8,88	6	10,73	2,93

φ_k	0,298	0,866	0,43	1,02	0,3
$t_{уд}$	0,0059	0,0077	0,0063	0,0082	0,0059
T_a	0,0010	0,0039	0,0024	0,0053	0,0010
$k_{уд}$	1,0001	1,002	1,0005	1,0037	1
$i^{(3)}_{уд. м.мах}$	5,6	20,3	13,2	25,16	5,68
$i^{(3)}_{дуг.уд.мах}$	4,61	13,9	9,52	17,07	4,65
Расчет однофазного КЗ					
$R_{0\Sigma}$	185,28	14,5	41,36	7,224	41,36
$X_{0\Sigma}$	119,27	14,52	19,32	16,27	19,37
$Z^{(1)}_{кз. мах}$	110,56	17,6	33,58	14,9	52,86
$I_{п0m min}$	2,09	13,1	6,88	15,5	4,35
$K_{с нач.}$	0,893	0,696	0,756	0,684	0,81
$K_{с уст.}$	0,81	0,621	0,675	0,616	0,727
$I_{дуг. нач. min}$	1,86	9,11	5,2	10,6	3,53
$I_{дуг. уст. min}$	1,69	8,13	4,64	9,548	3,16

2.9.3 Проверка защитной аппаратуры по отключающей способности

По полученным значениям токов короткого замыкания проверяем выбранные электрические аппараты по отключающей способности.

Условием успешности срабатывания защиты является:
 $I^{(3)}_{дуг. уд. мах} < I_{пр. отк.}$

Проверка автоматических выключателей по отключающей способности приведена в таблице. 2.9.3

Таблица 2.9.3 Проверка автоматических выключателей

Защищаемая цепь	Тип автоматического выключателя	Коммутационная способность выключателя, кА	Ток короткого замыкания, кА
ШУ	BA51-39	50	17,07
Двигатель насоса ПК СН	BA5731	25	4,61
	BA52-37	50	13,9
ШЭПК ШО	BA-52-31	15	9,52
	BA-51-25	6	4,65

Проверка защиты по условиям срабатывания от токов короткого замыкания приведена в таблице. 2.9.4

Таблица 2.9.4. Проверка срабатывания защиты

Защищаемая цепь	Тип автоматического выключателя	Ток срабатывания, $K_{отс} \cdot I_{ном}$, кА	Ток короткого замыкания, кА	Коэффициент чувствительности
-----------------	---------------------------------	--	-----------------------------	------------------------------

ШУ	BA51-39	6,3	15,5	2,4
Двигатель насоса ПК СН	BA5731	1	2,09	2,09
	BA52-37	4	13,1	3,2
ШЭПК ШО	BA-52-31	0,756	6,88	9,1
	BA-51-25	0,224	4,37	5,7

2.10 Проверка электрических сетей по условиям пуска и самозапуска электродвигателей

При включении двигателя по линии проходит его пусковой ток, который накладывается на существующий ток нагрузки линии и вызывает в ней дополнительную потерю напряжения. Вследствие этого во всех точках сети напряжение мгновенно понижается. Чем дальше от источника питания находится запускаемый электродвигатель, тем больше будет изменение напряжения. Такие быстро протекающие изменения напряжения носят название колебаний напряжения. Под этим понятием подразумевается разность между начальным значением напряжения в какой-либо точке сети и значением напряжения в той же точке при внезапном изменении режима работы сети.

Колебания напряжения в сети при пуске двигателя в основном определяются его пусковым током. При нормальных условиях через короткий промежуток времени после начала пуска, измеряемый секундами, двигатель разовьет нормальную скорость и пусковой ток уменьшится до величины рабочего тока двигателя.

Разность напряжений до пуска и в момент пуска электродвигателя для какой-либо точки сети представляет собой колебание напряжения в этой точке.

$$V_c = U_c - U'_c,$$

где U_c - напряжение до пуска двигателя; U'_c - напряжение в момент пуска двигателя М.

Пренебрегая изменением нагрузок линий из-за уменьшения напряжения питания в момент пуска двигателей считают, что колебание напряжения в какой-либо точке сети при пуске двигателя равно дополнительной потере напряжения в сети до рассматриваемой точки от пускового тока двигателя:

$$\Delta U'_{ис} - \Delta U_{ис} = U_c - U'_c.$$

Напряжение на зажимах электродвигателя М в момент пуска равно разности напряжения на шинах распределительного пункта РП, к которому подключается двигатель $U_{РП}$, и дополнительной потери напряжения в сети ΔU_m от источника питания И до зажимов двигателя М, вызванной прохождением в сети пускового тока двигателя :

$$U'_m = U_{РП} - \Delta U_m.$$

Условия допустимости пуска короткозамкнутого двигателя прямым включением в сеть состоят в следующем:

1. Пускаемый двигатель должен сдвинуть с места и развернуть до нормальной скорости присоединенный к нему механизм.
2. Снижение напряжения в сети при пуске не должно нарушить работу, присоединенных к сети двигателей.
3. Колебания напряжения при пуске не должны оказывать заметного влияния на работу осветительных ламп и электронной аппаратуры.

При эксплуатации электрической сети возможны аварийные отключения отдельных ее участков. Если длительность перерыва в электроснабжении превышает несколько десятков секунд, то все двигатели, присоединенные к участку сети, остановятся. При возобновлении подачи напряжения двигатели, не имеющие защиты минимального напряжения, одновременно пускаются в ход.

Для увеличения надежности питания в электросети применяется автоматическое включение резерва (АВР) и автоматическое повторное включение (АПВ). Перерыв в питании электроэнергией при действии АВР и успешном действии первого цикла АПВ не превышает 0,5-2,5 сек. За такой короткий промежуток времени двигатели не успевают остановиться полностью и лишь снижают скорость. При подаче питания вновь происходит самозапуск двигателей, сопровождающийся появлением повышенных токов. Одновременный успешный самозапуск всех присоединенных к сети двигателей часто бывает невозможным, так как из-за большого снижения напряжения многие двигатели не могут преодолеть моменты сопротивления присоединенных к ним механизмов. Поэтому электродвигатели делят на две группы: в первую группу входят двигатели, отключаемые защитой минимального напряжения; во вторую группу входят двигатели важных механизмов, остающиеся подключенными к сети и участвующие в самозапуске.

Пуск и самозапуск двигателей по условию достаточности вращающего момента и влияния колебания напряжения на работу присоединенных к сети двигателей можно считать допустимым, если развиваемый каждым двигателем максимальный момент оказывается выше момента сопротивления соединенного с ним механизма. Эти условия выражаются соотношениями: при пуске электродвигателя

$$U_{*m}^2 m_{п} \geq 1,1 m_{п.мех} ,$$

при самозапуске электродвигателя

$$U_{*m}^2 m_{м} \geq 1,1 m_{м.мех} ,$$

где U_{*m} - напряжение на зажимах работающего двигателя в долях номинального; $m_{п}$ - кратность пускового момента электродвигателя при номинальном напряжении на зажимах [1, табл. П8.5]; $m_{м}$ - кратность максимального (опрокидывающего) момента двигателя при номинальном напряжении [1, табл. П8.5]; $m_{п.мех}$ - кратность пускового момента сопротивления механизма по

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108

отношению к номинальному моменту электродвигателя [1, табл. П8.1];
 $m_{мех}$ - кратность момента сопротивления механизма при критическом скольжении по отношению к номинальному моменту двигателя [1, табл. П8.1]; 1,1 - коэффициент запаса, учитывающий возможную неточность расчета.

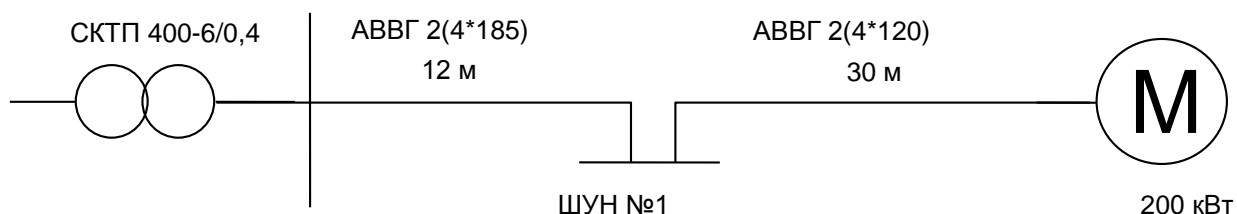


Рисунок.2.10.1 Схема для пуска электродвигателя

Таблица 2.10.1 Расчет возможности прямого пуска двигателя

Наименование расчетных величин		Единицы измерения	Расчетная формула или источник справочной информации	Номер ЭП по плану, числовые значения
1	2	3	4	5
Исходные данные				
1.1. Мощность силового транс-форматора источника		кВА	рис. 16	400
1.2. Участок сети <i>ИПП-0(A;B)</i>	длина	м	$L_{к1}$	12
	марка кабеля сечение жил	мм ²		АВВГ 2(4x185)
1.3. Участок сети <i>НПСН - 1</i>	длина	м	$L_{к2}$	25
	марка кабеля сечение жил	мм ²		АВВГ 2(4x120)
1.5. Приводимый механизм				Сетевой насос
1.6. Тип электродвигателя				4А315М4
1.7. Частота вращения		об/мин		1500
1.8. Пусковой ток		А	I_p	2004
1.9. Коэффициент мощности при пуске			$\cos \varphi_p$, [1, табл. П8.5]	0,30
Сопротивление цепи двигателя				
2.1. Трансформатор КТП		Ом мОм	R_T , [1, табл. П8.4] X_T , [1, табл. П8.4]	0,002 0,0086
2.2. Участок сети <i>ИПП-0(A;B)</i>	удельное участка	Ом/км	$R_{0к1}$, [1, табл. П8.2]	0,17/2
		Ом/км	$X_{0к1}$, [1, табл. П8.3]	0,06/2
		Ом	$R_{к1} = R_{0к1} \cdot L_{к1}$	0,00102
		Ом	$X_{к1} = X_{0к1} \cdot L_{к1}$	0,00075
2.3. Участок сети <i>НПСН - 1</i>	удельное участка	Ом/км	$R_{0к2}$, [1, табл. П8.2]	0,21/2
		Ом/км	$X_{0к2}$, [1, табл. П8.3]	0,06/2
		Ом	$R_{к2} = R_{0к2} \cdot L_{к2}$	0,00126
		Ом	$X_{к2} = X_{0к2} \cdot L_{к2}$	0,00075

2.5. Суммарно сопротивление	активное индуктивное	Ом Ом	$R_m = R_T + R_{K1} + R_{K2}$ $X_m = X_T + X_{K1} + X_{K2}$	0,00428 0,0101
Расчет величины колебания напряжения при пуске двигателя М				
3.1. Потеря напряжение до шин ГЦ П№1 в элементах сети	в трансформаторе в кабеле : $ИПП-0(A;B)$ суммарная	% % %	$\Delta U_T, \%$ $\Delta U_{ИПП-0(A;B)} - 0, \%$ $\Delta U_T\% + \Delta U_{ИПП-0(A;B)} - 0, \%$	2,91 0,3 3,21
3.2. Относительное напряжение на шинах		отн.ед.	$U_* = 1,05 - 0,037$	1,018
3.3. Расчетная величина A_m		Ом/в	[1, формула 11.15]	0,190 $3 \cdot 10^{-3}$
3.4. Относительное напряжение на зажимах двигателя М при пуске		отн.ед.	$U'_*_{ИЧН - Im}$	0,743
Проверка успешности запуска двигателя М				
4.1. Кратность пускового момента	двигателя механизма	отн. ед. отн.ед.	m_p , (табл. П8.5) $m_{п.мех}$, (табл. П8.1)	1,0 0,3
4.2. Условие успешности запуска двигателя М		отн.ед.	$U_{*M}^2 m_p \geq 1,1 m_{п.мех}$	0,88 > 0,33 выполняется

2.11 Релейная защита высоковольтной сети

Наиболее распространенным видом защиты является максимальная токовая защита (МТЗ) от междуфазных замыканий, такую защиту рекомендуется выполнять в двухфазном исполнении. В зависимости от требований чувствительности, защита может быть выполнена одно-, двух-, или трех релейной. Ток срабатывания МТЗ определяется по формуле:

$$I_{с.з} = K_{отст} * K_p * I_m / K_v,$$

Где $K_{отст}$ - коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, неточности расчета и принимаемый равным 1,1-1,2.

K_p – коэффициент максимального тока, учитывающий возможность увеличения тока в защищаемой линии, в следствии самозапуска электродвигателей при восстановлении напряжения после отключения K_3 ,

$$K_p = 1,4;$$

I_m - максимальный ток в линии в нормальном режиме;

K_v - коэффициент возврата реле, $K_v = 0,8-0,85$;

Ток срабатывания реле определяется из выражения:

$$I_{с.р.} = I_{с.з.} * K_{сх} / K_{т.т.} = K_{отст} * K_p * K_{сх} * I_m / K_v * K_{т.т.},$$

Где $K_{сх}$ - коэффициент схемы, зависящий от схемы соединения ТТ и реле;

$K_{т.т.}$ - коэффициент трансформации ТТ.

Выбранная защита проверяется по чувствительности:

$$K_{ч} = K_{сч-1} * I(3)_{к1} / I_{с.з.} \text{ или } K_{ч} = K_{сч-2} * I(3)_{г3} / I_{с.з.},$$

Где $I(3)_{\min}$ значение тока трехфазного КЗ в основной зоне действия защиты, а $I(3)_{к3-\max}$ значение тока трехфазного КЗ за трансформатором (на резервируемом участке), а $K_{сч-1}$ и $K_{сч-2}$ -коэффициенты для определения чувствительности МТЗ при двухфазном КЗ.

Избирательность защиты обеспечивается выбором выдержки времени по условию:

$$t_2 = t_1 + \Delta t, \text{ с,}$$

где t_2 - выдержка времени защиты, расположенной ближе к источнику питания по сравнению с защитой, имеющей меньшую выдержку времени t_1 ; Δt - ступень избирательности.

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

Таблица 2.11.1 Расчёт релейной защиты

наименование		обозначение и расчётные формулы	Линия к:		
			КТП-1	КТП-2	КЭВ-1... КЭВ-6.
1	2	3	4	5	6
Исходные данные					
максимальный рабочий ток, А		I_n			
коэффициент трансформации ТТ		$K_{тт}$	60	60	60
мах значение тока 3х фазного КЗ при КЗ в зоне защиты	основной, А	$I_{k1}^{(3)}$			
	за трансформатором, А	$I_{k2}^{(3)}$	1530	1430	-
мин значение тока 3х фазного КЗ при КЗ в зоне защиты	основной, А	$I_{к3}^{(3)}$	7000	6890	9720
	за трансформатором, А	$I_{к4}^{(3)}$	1530	1430	-
генерирующий ток КЗ синхронного двигателя КЗ на шинах или пусковой от полного напряжения, А		$I_{пп}^{(3)}$	-	-	-
максимальная токовая защита					
расчетные коэффициенты	кратности максимального тока	K_p	1,4	1,4	1
	схемы включения реле	$K_{сх}$	1	1	1
	отстройки	$K_{отс}$	1,2	1,2	1,2
	возврата реле	K_v	0,85	0,85	0,85
ток срабатывания защиты	первичный	$I_{с.з}=K_{отс}K_pI_M/K_v$	162,7	128,4	297
	расчетный	$I_{с.р} = I_{с.з}K_{сх}/K_{тт}$	2,71	2,14	5,6
	принятый	$I_{с.р} = I_{уст}$	3	2,5	6
коэффициенты $K_{сч}$ для определения чувствительности	от сборных шин до трансформатора и других ЭП	$K_{сч-1}$	0,87	0,87	0,87
	за трансформатором 3/3 и т/з	$K_{сч-2}$	0,87	0,87	0,87
чувствительность защиты при 2 фазном КЗ	в зоне защиты от сборных шин до трансформатора и др ЭП	$K_ч=K_{сч-1} \cdot I_{k3min}^{(3)}/I_{yc} \cdot K_{тт}$	68,5	53,6	23,5
	за трансформатором в зоне защиты. Y/Y_0	$K_ч = K_{сч-2} \cdot I_{к2}^{(3)}/ I_{с.з}$	7,3	8,8	-
выбрано реле тока	количество и тип пределы установки тока реле А		РТ40/10	РТ40/10	РТ40/10
			5...10	5...10	5...10
реле времени	тип и пределы установки		РВ 124	РВ 124	РВ 124
	принята установка времени, с		0,5	0,5	0,5
токовая отсечка					
расчетные коэффициенты	схемы включения реле	$K_{сх}$	1	1	1
	отстройки	$K_{отс}$	1,2	1,2	1,2
ток срабатывания защиты $I_{с до}$ и реле $I_{с ро}$	Первичный (защиты), А	$I_{сzo} = K_{отс} I_n$	-	-	313
		$I_{сzo} = 3I_{н.т.}$	300	300	-
	расчетный ток реле, А	$I_{с ро} = K_{сх} I_{сzo} / K_{тт}$	4,81	4,81	5,2
	принятый, А	$I_{с ро}$	5	5	5,5
кратность тока срабатывания отсечки		$I_{с ро} / I_{ср}$	1,04	1,04	1,05
чувствительность защиты (отсечки)		$K_ч=K_{сч-1} I_{к3}^{(3)}/I_{yt} \cdot K_{тт}$	4,4	4,4	25,6
выбрано токовое реле	тип реле тока		РТ40/10	РТ40/10	РТ40/10
	пределы установки реле, А		5...10	5...10	5...10

выбрано реле времени	тип и пределы установки	-	-	-
	принята установка времени, с	-	-	-

Для защиты выбираем схему трансформаторов тока и реле тока в неполную звезду рисунок. 2.11.1.

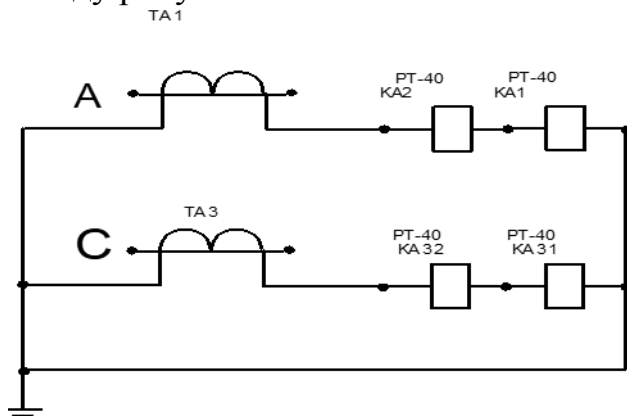


Рисунок.2.11.1. Схема трансформаторов тока и реле тока в неполную звезду

Для схемы с РТ-40 реле (2шт.) проверяем трансформатора тока ТПЛ-10 на 10% погрешность максимального тока КЗ.

Считаем суммарное сопротивление вторичной цепи.

$$Z_{2\text{срт}40} = \sqrt{3} (2R_{\Pi} + 2Z_p) + r_{\text{пер}} = 0,376 \text{ Ом},$$

где $r_{\text{пер}} = 0,1 \text{ Ом}$

$R_{\Pi} = 0,06 \text{ Ом},$

$Z_p = 0,02 \text{ Ом}$

$S_{\text{расч}} \text{РТ-40} = 0,5 \text{ ВА}$

$$m_{10} = K_{10} = \frac{(1,2 \div 1,3) * I_{\text{КЗ}}}{0,8 * I_{\text{ннт}}} = \frac{1,2 * 9740}{0,8 * 300} = 48,7$$

По таблице П.9.1 [1] определяем допустимую 10% погрешность, для ТПЛ-10 $m_{10}=13$, находим соответствующую допустимую нагрузку $Z_p=0,64 \text{ Ом}$. Сравниваем расчетную нагрузку допустимой, т.е. $Z_{2\text{доп}} > Z_{2\text{РТ-40}}, 0,64 \text{ Ом} > 0,376 \text{ Ом}$.

2.12 Расчёт заземляющих устройств

Общие положения.

В электроустановках напряжением до 1000В и выше должны быть заземлены корпуса электрооборудования и все металлические объекты, нормально не находящиеся под напряжением, но могущие оказаться в любой момент под напряжением в случае пробоя изоляции фаз электрических сетей.

В качестве заземления должны быть в первую очередь использоваться трубопроводы и оборудование, имеющее надежное соединение с землей (естественные заземлители).

Для электроустановок напряжением до 1000 В с глухим заземлением нейтрале согласно ПУЭ 1.7.60-1.7.64, сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрале генераторов и трансформаторов, должно быть не более 4 Ом.

Если сопротивление естественных заземлителей R_e больше требующихся по нормам сопротивлений заземлителей R_z , то устраиваются искусственные заземлители $R_{и}$.

$$R_{и} = \frac{R_e \times R_z}{(R_e - R_z)}, \text{ Ом}$$

Расчет сопротивления заземления строительных конструкций котельной
Рассчитаем сопротивление растекания железобетонных фундаментов производственных зданий.

$$R_{\zeta} = 0,52 \frac{\rho_{\zeta}}{\sqrt{S}},$$

где: S – площадь, ограниченная периметром здания,

ρ – эквивалентное удельное электрическое сопротивление земли,

Сопротивление заземляющего устройства согласно ПУЭ, 1.7.60 – 1.7.64 должно быть не более 4 Ом.

Сопротивление растекания фундамента менее требуемого, поэтому дополнительный расчет заземлителей не требуется

Определяем, площадь ограниченную периметрами зданий цеха:

$$S_K = AB \cdot 1-9 = 12 \cdot 27 = 324 \text{ м}^2;$$

По [1, таблица 13.1] принимаем, что в зимнее время для промерзших суглинков эквивалентное удельное сопротивление грунта составляет $\rho_{\text{эКВ}} = 60 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

В качестве заземлителя предполагается использовать железобетонные фундаменты и трубы, расположенные в земле, тогда сопротивление растеканию для естественного заземлителя составит:

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

$$R_{\text{е кот}} = 0,52 * \rho_{\text{эКВ}} / \sqrt{S_{\text{К}}} = 0,52 * 60 / \sqrt{324} = 4,73 \text{ Ом};$$

В металосвязи которая прокладывается вдоль стен здания, и на высоте 0,5 метров от пола, и приваренной к закладным в колоннах, сопротивление менее 0,05 Ом. Для уменьшения сопротивления заземлителя предполагается установить дополнительный искусственный заземлитель из четырёх вертикальных электродов длиной по 3 метра. Горизонтальный заземлитель по периметру здания проложен на глубине 0,7 метра.
Общая длина электродов:

$$L_{\text{в}} = \pi * l_{\text{в}} = 28 * 3 = 84 \text{ м.}$$

$$L_{\text{в}} = 24 * 3 = 72 \text{ м.}$$

$$L = 84 + 72 = 156$$

Периметры зданий:

$$L_{\text{к}} = A * 2 + B * 2 = 12 * 2 + 27 * 2 = 78 \text{ м}$$

Определяем относительную глубину погружения в землю вертикальных электродов:

$$\text{tot1} = (l_{\text{в}} + t) / (3 + 0,7) = 0,2;$$

Расчётное сопротивление заземлителя:

$$R_{\text{и}} = A * \rho_{\text{эКВ}} / + \rho_{\text{эКВ}} / (L_{\text{г}} + L_{\text{в}}) = 0,335 * 160 / + 160 / (156 + 78) = 3,6 \text{ Ом},$$

где: при tot от 0,1 до 0,5.

$$A = 0,385 - 0,25 \text{ tot} = 0,38$$

3 Электропривод

Выбор двигателя по производительности для насосов.

По технологии процесса работы эл. котельной применяются следующие группы насосов номинальной частотой вращения 1500 обр/мин. с электродвигателями серии 4А работающими в длительном режиме, со следующими параметрами.

- а). Сетевые насосы Д-630-90 -2шт. $Q=360 \text{ м}^3/\text{ч}$. $H=97\text{м}$.
- б). Насосы подпитачные К-90/85 -2шт. $Q=60 \text{ м}^3/\text{ч}$. $H=86 \text{ м}$.
- в). Насосы, перекачивающие К-90/85 -2шт. $Q=60 \text{ м}^3/\text{ч}$. $H=86 \text{ м}$

Основным требованием при выборе эл. двигателя является его соответствия условиям технологического процесса рабочей машины. Задача выбора состоит в поиске такого двигателя, который будет обеспечивать заданный технологический цикл рабочий машины, при этом его нагрев не должен превышать нормативный уровень.

Выбор двигателя производится следующим образом:

- 1. Рассчитывается требуемая мощность.
- 2. Проверка двигателя по условиям пуска (пусковые моменты центробежных насосов и вентиляторов, как правило составляют 30...35% от номинального, поэтому проверки достаточности пускового момента не требуется).
- 3. Перегрузки (только для двигателей кранов).
- 4. По нагреву.

На электрокотельной эл. привод насосов выполняется при помощи асинхронных двигателей. Это обусловлено простотой конструкции, высокой надежностью, низкой по сравнению с другими эл. двигателями ценой, простотой обслуживания.

Определим мощность двигателя сетевого насоса.

$$P_{\text{дв.с.нас}} = (1,1 \div 1,15) \cdot 10 \cdot \rho \cdot g \cdot (H + \Delta H) \cdot Q / 3,6 \cdot \eta$$

$$P_{\text{дв.с.н.}} = 1,15 \cdot 10 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot (97 + 6) \cdot 360 / 3,6 \cdot 0,68 = 187 \text{ кВт}$$

где Q - производительность насоса, $\text{м}^3/\text{с}$.

ΔH – потери напора в трубопроводе, м.

H_c - статический напор, м.

$g = 9,81$ – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$.

ρ – плотность перекачиваемой жидкости. (для воды 1000), $\text{кг}/\text{м}^3$

$K_z = 1, 1 \dots 1,3$ – коэффициент запаса.

$\eta_n = 0,77$ – КПД насоса.

ω_n = скорость насоса, $\text{рад}/\text{с}$.

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

$$P_{\text{дв.пн}} = (1,1 \div 1,15) \cdot 10 \cdot \rho \cdot g \cdot (H + \Delta H) \cdot Q / 3.6 \cdot \eta$$

$$P_{\text{дв.пн}} = 1,15 \cdot 10 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot (86 + 6,4) \cdot 60 / 3,6 \cdot 0,59 = 29,44 \text{ кВт}$$

Выбираем для привода сетевого, перекачивающего и подпиточного насосов, эл. двигатели с короткозамкнутым ротором для продолжительной работы.

Таблица 3.1 Выбор двигателя с к.з. ротором

Название насоса	Сетевой	Перекачивающий Подпиточный
Тип двигателя	4A315M4Y3	4A180M2Y3
P, кВт	200	30
n _{ном} , обр/ мин	1500	3000
η, %	94	0,88
cosφ	0,94	0,90
M _{мас} /M _н	2,2	2,2
M _п /M _н	1,3	1,4
M _{мин} /M _н	0,9	1,1
I _п /I _н	6,5	7,5
J, кг м ²	3,6*10 ⁻²	8,5*10 ⁻²

Расчет механических характеристик эл. двигателя

Механическую характеристику двигателя $M = f(\omega)$ строим на основании расчета его вращающих моментов для различных значений скольжения:

$$S_n = \omega_{1n} - \omega_n / \omega_{1n}$$

где ω_n - номинальная угловая скорость, с-1

ω_{1n} - угловая скорость идеального холостого хода, с-1

Для сетевого насоса:

$$\omega_{1сн} = 2\pi n_0 / 60 = 2 \cdot 3.14 \cdot 1500 / 60 = 157 \text{ с-1}$$

Для перекачивающих, подпиточных насосов

$$\omega_{1пн} = 2\pi n_0 / 60 = 2 \cdot 3.14 \cdot 3000 / 60 = 314 \text{ с-1}$$

а) ω_n - для сетевого насоса.

$$\omega_{нсн} = 2\pi n_n / 60 = 2 \cdot 3,14 \cdot 1450 / 60 = 151,7 \text{ с-1}$$

б) ω_n п- для перекачивающих, подпиточных насосов.

$$\omega_{нпн} = 2 \cdot 3,14 \cdot 2900 / 60 = 303 \text{ с-1}$$

Определяем номинальное скольжение:

$$а) S_{нсн} = 157 - 151,7 / 157 = 0,033$$

$$б) S_{нпн} = 314 - 303 / 314 = 0,035$$

Номинальный момент двигателя.

$$M_n = P_n / \omega_n$$

$$а) M_{нсн} = 200000 / 151,7 = 1318 \text{ Н м}$$

$$б) M_{нпн} = 30000 / 303 = 99 \text{ Н м}$$

Определим критический момент АД.

$$M_k = \lambda_{\text{мах}} M_n$$

$$а) M_{ксн} = 2,2 \cdot 1318 = 2899,6 \text{ Нм}$$

$$б) M_{кпс} = 2,2 \cdot 99 = 217,8 \text{ Нм}$$

Определим пусковой момент.

$$M_{\text{п}} = \lambda_{\text{пус}} * M_{\text{н}}$$

а) $M_{\text{п сн}} = 1,3 * 1318 = 1713,4 \text{ Нм}$

б) $M_{\text{п пн}} = 1,4 * 99 = 138,6 \text{ Нм}$

Величины моментов для заданных значений скольжения рассчитываем по формуле.

$$M = 2M_{\text{к}} / (S/S_{\text{к}} + S_{\text{к}}/S) \text{ Нм}$$

где $S_{\text{к}}$ - критическое скольжение

$$S_{\text{к}} = S_{\text{н}} (\lambda_{\text{мах}} + \sqrt{\lambda_{\text{мах}}^2 - 1})$$

а) $S_{\text{к сн}} = 0,033(2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,137$

б) $S_{\text{к пн}} = 0,035(2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,145$

Расчет сводим в таблицу 2 Зависимость момента и скорости от скольжения, где $\omega = \omega_0(1-S)$ и строим график.

а) для сетевого насоса $M = 2 * 2899,6 / (S/0,137 + 0,137/S)$

Таблица 3.2 Зависимость момента и скорости от скольжения

S	0	0,016	0,04	0,065	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$\omega, \text{с}^{-1}$	157	154,4	150,7	146,8	141,3	125,6	94,2	62,8	31,4	0
$M, \text{Нм}$	0	668,1	1560,2	2246	2761,6	2703,8	1778	1258,6	964,8	779,9

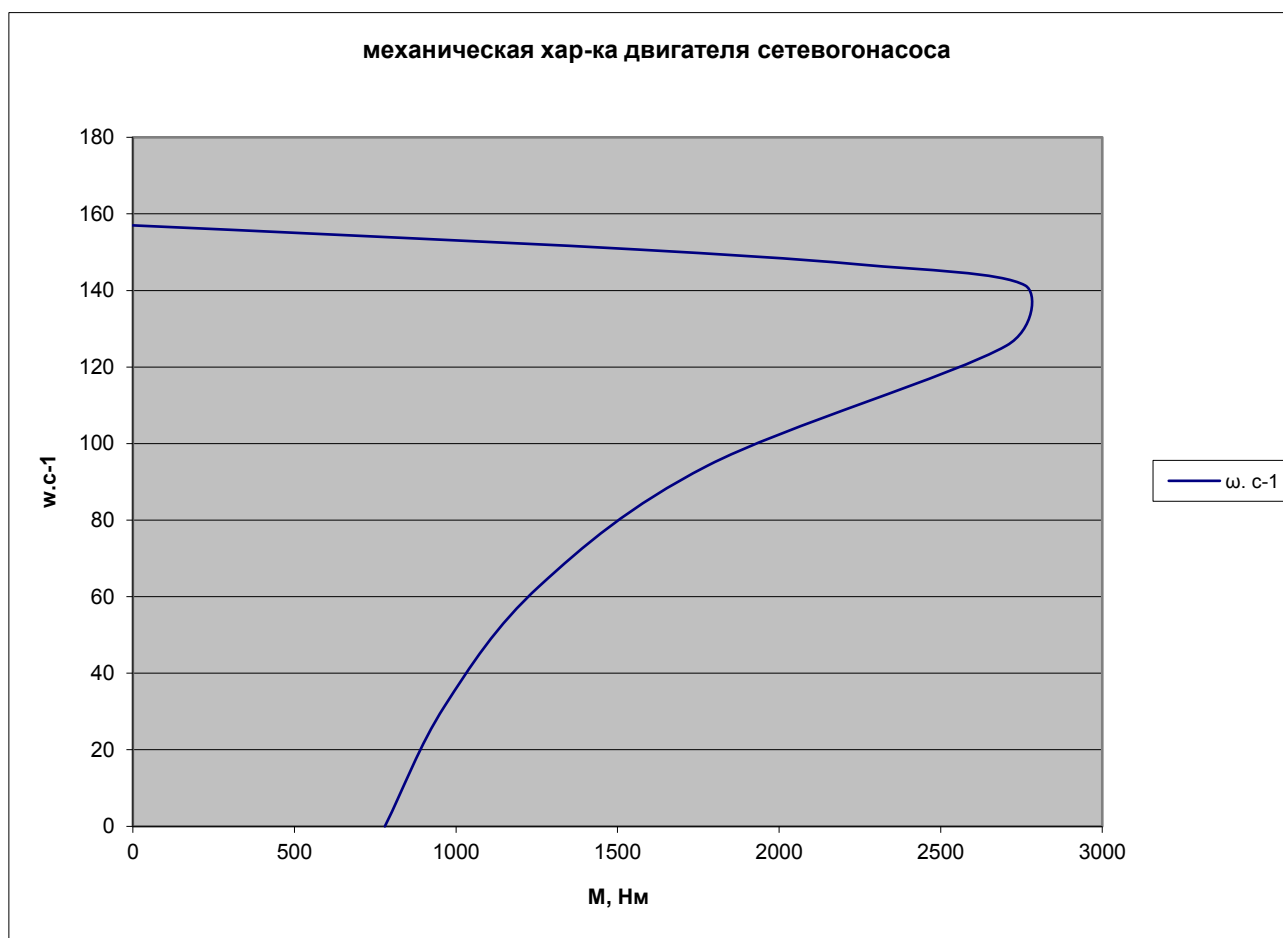


Рис.3.1 Механическая характеристика сетевого насоса

б) для насосов перекачивающих, подпиточных.

Расчет сводим в таблицу 3.3

Зависимость момента и скорости от скольжения, где $\omega = \omega_0(1-S)$ и строим график.

$$M = 2 \cdot 217,8 / (S/0,145 + 0,145/S)$$

Таблица 3.3 Зависимость момента и скорости от скольжения.

S	0	0,04	0,07	0,093	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1
$\omega, \text{с}^{-1}$	314	301,4	292	284	251,2	219,8	188,4	125,6	62,8	0
$M, \text{Нм}$	0	111,6	170,54	197,98	207	171,2	139,6	99,48	76,44	61,8

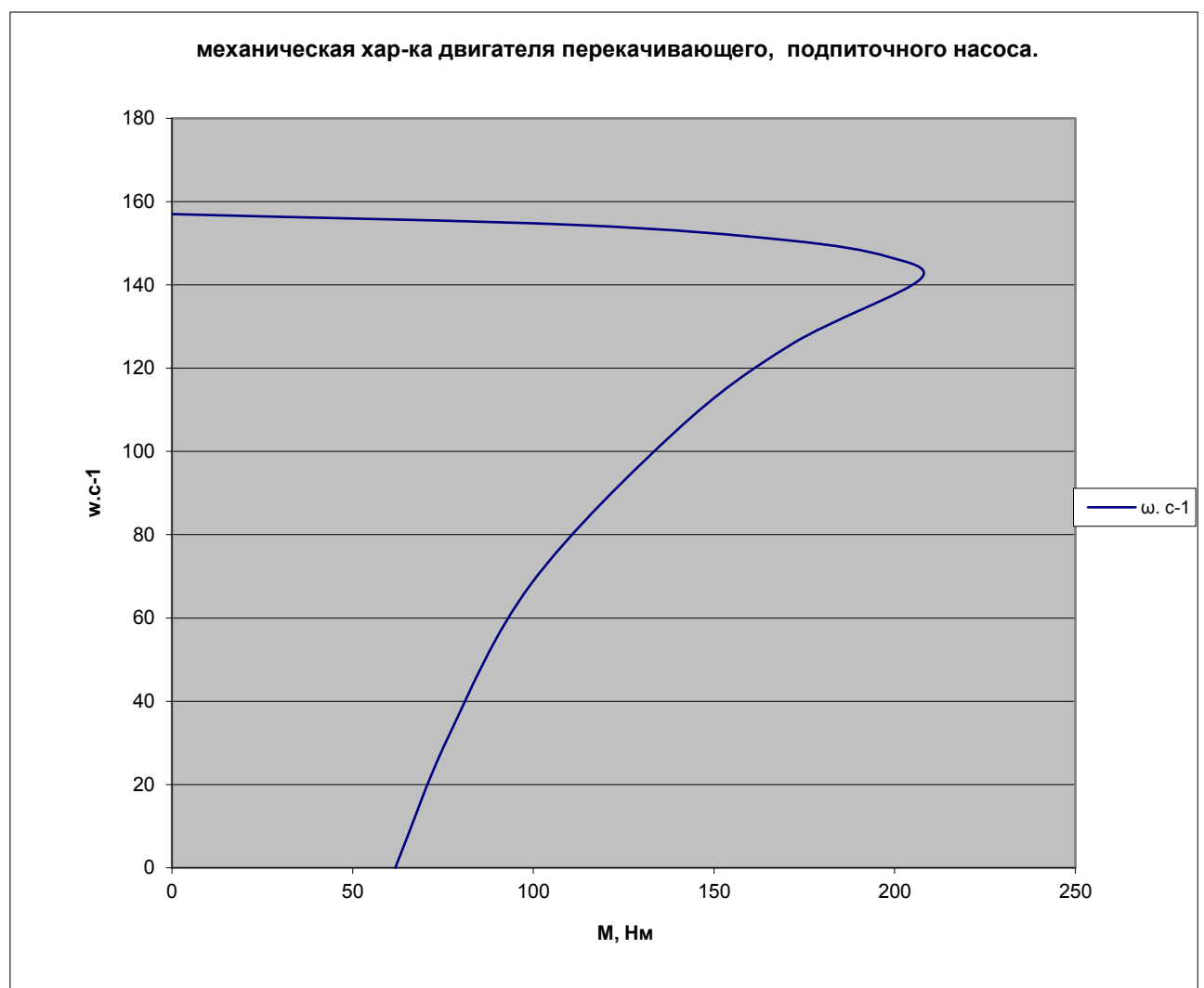


Рис.3.2 Механическая характеристика подпиточного и перекачивающего насосов

Расчёт параметров и статических характеристик асинхронного короткозамкнутого электродвигателя

При частотном управлении в соответствии с общепринятыми допущениями, которые обуславливают постоянство сопротивлений схемы замещения при данной частоте, принята Т-образная схема замещения.

Где r_1 - активное сопротивление обмотки фазы статора;

x_1 - индуктивное сопротивление обмотки фазы статора;

U_n - номинальное фазное напряжение;

I_1 - фазный ток статора;

E_1 - ЭДС статора;

E'_2 - приведенная ЭДС ротора;

I_0 - ток холостого хода;

x_0 - индуктивное сопротивление намагничивающей цепи;

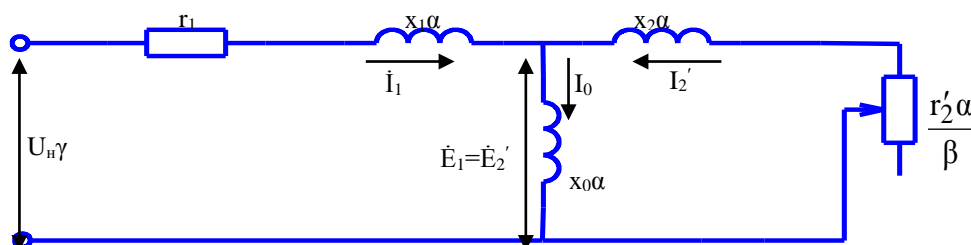


Рис. 3.4 Т-образная схема замещения

x_2 - индуктивное сопротивление фазы ротора;

I'_2 - приведенный фазный ток ротора;

r'_2 - приведенное активное сопротивление фазы ротора;

α - относительная частота тока статора;

β - параметр абсолютного скольжения или относительная частота тока ротора

γ - относительное напряжение.

Так как данные опытов холостого хода и короткого замыкания не известны, то расчёт параметров электродвигателя выполняются с помощью следующих известных приближенных зависимостей:

- Ток холостого тока:

$$I_{x.x.} = (0,25-0,5) \cdot I_n, (A)$$

$$I_{x.x.} = 0,5 \cdot 334 = 167 A$$

- Мощность холостого хода:

$$P_{x.x.} = U_{x.x.} \cdot I_{x.x.} (Вт)$$

$$P_{x.x.} = 220 \cdot 167 = 36740 \text{ Вт.}$$

- Ток короткого замыкания:

$$I_k = (5-7) \cdot I_n$$

$$I_k = 5 \cdot 334 = 1670 A$$

- Мощность короткого замыкания:

$$P_{к.з.} = U_{к.з.} \cdot I_{кз}, \text{ (Вт)}$$

$$P_{к.з.} = 220 \cdot 1670 = 367400 \text{ Вт.}$$

- приведенное активное сопротивление обмотки фазы ротора:

$$\frac{P_k}{\tau_2' \cdot 3 \cdot I_{кк}^2} - r_1 = \frac{367400}{3 \cdot 1670^2} - 0,0272 = 0,01671$$

где, - r_1 приведённое сопротивление статорной обмотки

$$r = 0,0272$$

Индуктивное сопротивление короткого замыкания:

$$X_{кк} = \sqrt{\frac{U_{кк}^2}{I_{кк}^2} - (\tau_1 - \tau_2')^2} = \sqrt{\frac{220^2}{1670^2} - (0,0272 + 0,02)^2} = 0,12299 \text{ А}$$

Индуктивное сопротивление обмотки фазы статора:

$$\frac{X_k}{2} = \frac{0,12299}{2} = 0,06149$$

Известно, что $X_1 = X_2'$

Активное сопротивление намагничивающей цепи:

$$\frac{P_{х.х}}{3 \cdot I_{хх}} - r_1 = \frac{36740}{3 \cdot 167^2} - 0,0272 = 0,41192$$

Индуктивное сопротивление намагничивающей цепи:

$$X_0 = \sqrt{\frac{U_0^2}{I_0^2} - (r_1 + r_0)^2} - X_1 = \sqrt{\frac{220^2}{167^2} - (0,0272 + 0,41192)^2} - 0,06149 = 1,18053$$

Приведённый ток вторичной обмотки:

$$I'_{2н} = \sqrt{\frac{M_{ном} \cdot \omega_{1нн0} \cdot S_{н ом}}{3 \cdot r_2'}} = \sqrt{\frac{1318 \cdot 157 \cdot 0,013}{3 \cdot 0,02}} = 211,74 \text{ А}$$

Намагничивающий ток:

$$I_\mu = \sqrt{(I'_{2н} \cdot \sin \varphi_{2н})^2 + I_{1н}^2 - I_{2н}^2} - I'_{2н} \cdot \sin \varphi_{2н} = \sqrt{(211,74 \cdot 0,9509)^2 + 334^2 - 211,74^2} - 211,74 \cdot 0,9509 = 126,15 \text{ А}$$

$$\sin \varphi_{2ном} = \frac{X_2'}{\sqrt{r_2'^2 + X_2'^2}} = \frac{0,06149}{\sqrt{0,02^2 + 0,06149^2}} = 0,95$$

Где, - $\sin \varphi_{2ном}$

Сравнение тока I_μ с током холостого хода $I_\mu < I_0$ ($126,15 < 167$)

подтверждает правильность выполненных расчетов.

Номинальное значение параметра абсолютного скольжения

$$\beta_{\text{НОМ}} = \frac{m_1 \cdot I_{\mu}^2 \cdot x_0^2 \cdot r_2'}{2 \cdot \omega_{1H} \cdot M_H \cdot X_2'^2} + \sqrt{\frac{m_1^2 I_{\mu}^4 x_0^4 r_2'^2}{4 \omega_{1H}^2 M^2_{\text{НОМ}} X_2'^4} - \frac{r_2'^2}{X_2'^2}}$$

$$\beta_{\text{НОМ}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 126,159 \cdot 1,18^2 \cdot 0,02}{2 \cdot 157 \cdot 1318 \cdot 0,0614^2}} + \sqrt{\frac{9 \cdot 126,159^4 \cdot 1,18^4 \cdot 0,02^2}{4 \cdot 157^2 \cdot 1318^2 \cdot 0,0614^4} - \frac{0,02^2}{0,0614^2}} =$$

$$= 0,85 \pm 0,7858;$$

$B_{1H}=0,06412$; $B_{2H}=1,63$
 Принимаем $B_{1H}=0,06412$;

коэффициент рассеяния статора:

$$\tau_1 = \frac{x_1}{x_0} = \frac{0,06149}{1,1805} = 0,052$$

коэффициент рассеяния ротора:

$$\tau_2 = \frac{x_2'}{x_0} = \frac{0,06149}{1,1805} = 0,052$$

общий коэффициент рассеивания:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_1 \cdot \tau_2 = 0,052 + 0,052 + 0,052 \cdot 0,052 = 0,1068$$

Определим величины «в», «с», «д», «е».

$$v = r_1 \cdot (1 + \tau_2) = 0,0272(1 + 0,05209) = 0,02862$$

$$c = X_0 \cdot \tau = 1,1805 \cdot 0,1068 = 0,126$$

$$d = r_1 / X_0 = 0,0272 / 1,18053 = 0,0230$$

$$e = 1 + \tau_1 = 1 + 0,052 = 1,052$$

критическое значение параметра абсолютного скольжения

$$\tau^{2'} \cdot \sqrt{\frac{d^2 + e^2 \cdot 1^2}{v^2 + c^2 \cdot 1^2}} = 0,02 \cdot \sqrt{\frac{0,0230^2 + 1,052^2}{0,028^2 + 0,126^2}} = 0,162$$

Критическое скольжение двигателя:

$$S_{\text{кр}} = \frac{r_2'}{\sqrt{r_2'^2 + X_{\text{кр}}^2}} = \frac{0,02}{\sqrt{0,0272^2 + 0,1229^2}} = 0,158$$

Так как $\beta_{\text{кр}} = S_{\text{кр}}$, то расчет параметров электродвигателя выполнен правильно.

Критическое значение электромагнитного момента:

$$M_{\text{кр}} = \frac{m_1 I_{\mu}^2 x_0^2}{2 \omega_{1H} x_2'} = \frac{3 \cdot 126,15^2 \cdot 1,18^2}{2 \cdot 157 \cdot 0,061} = 3446 \text{ Нм}$$

Кратность критического электромагнитного момента при $\Phi = \text{const}$ и частотнотоковом управлении:

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

$$\frac{M_{кр}}{\lambda = M_{ном}} = \frac{3446}{1318} = 2,61$$

Значение пускового момента:

$$Mn = \frac{m_1 X_0 I_{\mu}^2 r_2'}{\omega_{1н}} \cdot \frac{\alpha}{r_2'^2 + x_2'^2 \alpha^2} = \frac{3 \cdot 1,18 \cdot 126,15 \cdot 0,02}{157} \frac{\alpha}{0,02^2 + 0,06149^2 \cdot \alpha^2} = 8,477$$

Расчет пускового момента для различных частот сводим в таблицу табл.3.4

Таблица 3.4. Расчет пускового момента.

α	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Мп, Нм	1936	3075,8	3374	2888	2405,5	2028
Мп*	1,46	2,33	2,55	2,19	1,82	1,53

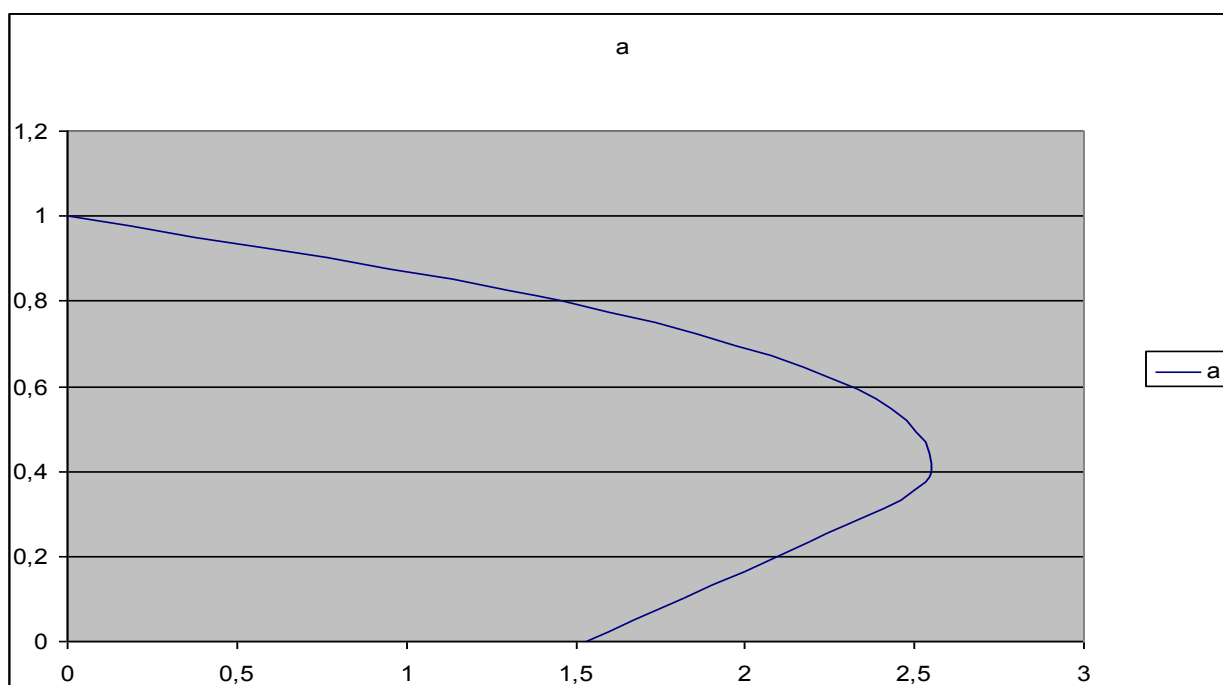


Рис.3.4 Зависимость пускового момента от различных частот

Таблица 3.5 Зависимость абсолютного скольжения от тока статора

В,	0	0,006	0,013	0,03	0,06	0,09	0,162	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
П*	0,06	0,63	0,76	1,25	2,26	3,26	5,38	6,32	8,17	9,36	10,07	10,58	10,91	11,15

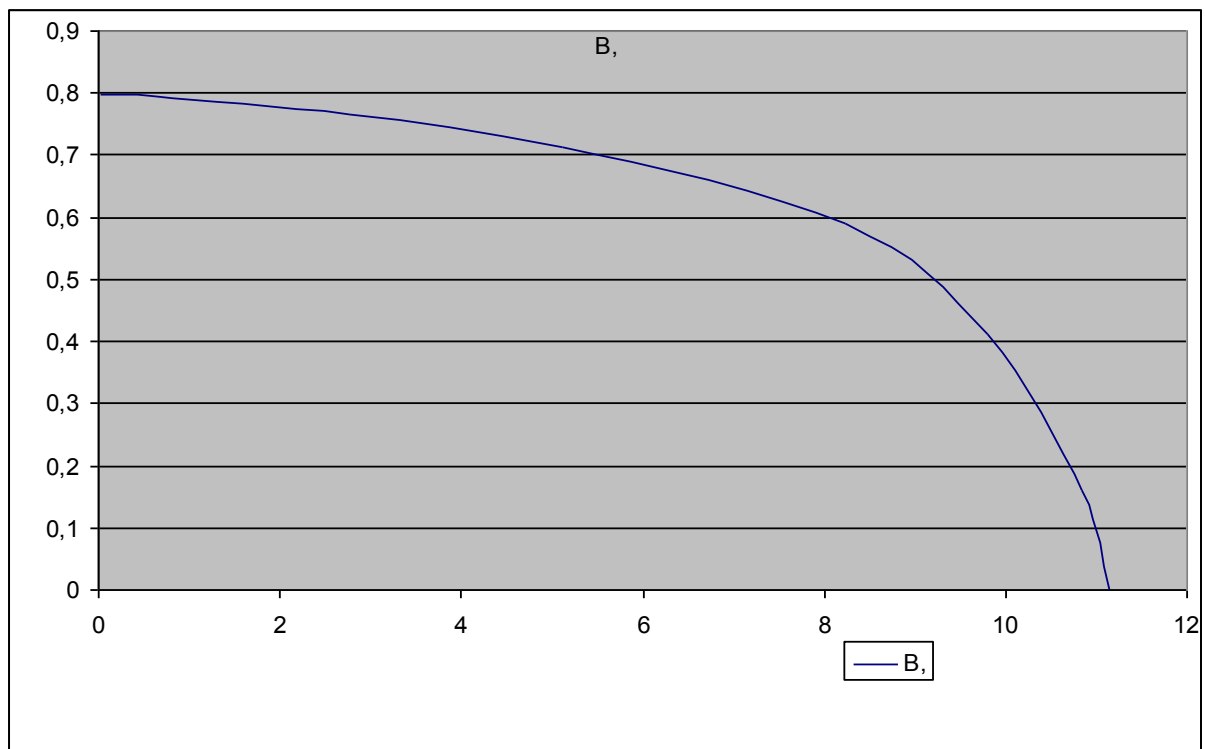


Рис.3.5 Зависимость абсолютного скольжения от тока статора

Расчёт статических характеристик асинхронного электродвигателя в системе частотного управления при $\Phi = \text{const}$ производим по формулам:

$$B(\beta) = r_2'^2 + x_2'^2 \cdot \beta^2 \quad C(\beta) = \frac{r_2'}{x_0^2} + (1 + \tau_2)^2 \cdot \beta^2$$

$$I_1(\beta) = x_0 \cdot I_\mu \cdot \frac{\sqrt{C(\beta)}}{\sqrt{B(\beta)}} \quad I_2'(\beta) = x_0 \cdot I_\mu \cdot \frac{\beta}{B(\beta)} \quad M(\beta) = \frac{m_1 x_0^2 I_\mu^2 r_2'}{\omega_{1n}} \cdot \frac{\beta}{B(\beta)}$$

Расчёт сводим в табл. 3.6, где угловая частота вращения вала двигателя в относительных единицах определяется для различных частот по формуле $\omega^* = \alpha - \beta$.

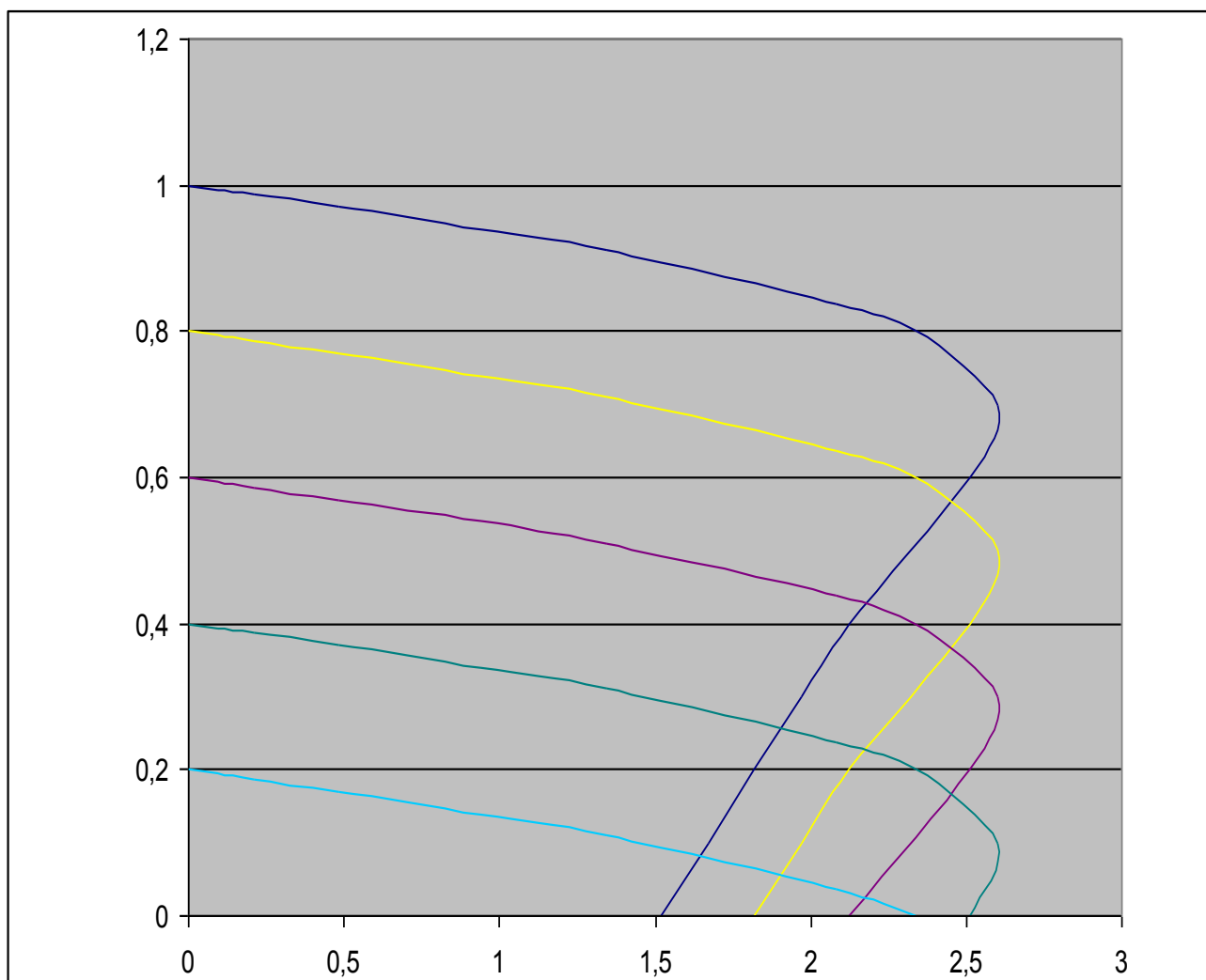


Рис.3.6 Статические характеристики

Таблица 3.6 Угловая частота вращения двигателя для различных частот (α – кратность частоты относительно номинальной)

β	0	0,00 6	β_H 0,01 3	0,03	0,06	0,09	$\beta_{кр}$ 0,16 2	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0
$B(\beta)$	0,00 04	0,00 04	0,00 04	0,00 04	0,00 041	0,00 043	0,00 05	0,00 055	0,000 74	0,00 135	0,00 225	0,00 282	0, 1	0,00 415
$C(\beta)$	0,00 029	0,00 033	0,00 047	0,01 28	0,00 427	0,00 925	0,02 934	0,02 80	0,009 991	0,27 701	0,54 266	0,70 87	-	1,10 718
$I_1^*(\beta)$	0,05 98	0,63 88	0,76 244	1,25 82	2,26 991	3,26 23	5,38	6,32	8,17	10,0 7	10,9 1	11,1 5	-	11,4 4
$M^*(\beta)$	0	0,09 64	0,20 90	0,48 32	0,94 112	1,34 61	2,08 34	2,33 8	2,6	2,51	2	1,82	-	1,53
$\omega_{\alpha=1^*}$	1	0,99 4	0,98 7	0,97	0,94	0,91	0,83 8	0,8	0,7	0,5	0,3	0,2	-	-
$\omega_{\alpha=0.8^*}$	0,8	0,79 4	0,78 7	0,77	0,74	0,71	0,63 8	0,6	0,5	0,3	0,1	-	-	-
$\omega_{\alpha=0.6^*}$	0,6	0,59 4	0,58 7	0,57	0,54	0,51	0,43 8	0,4	0,3	0,1	-	-	-	-
$\omega_{\alpha=0.4^*}$	0,4	0,39 4	0,38 7	0,37	0,34	0,31	0,23 8	0,2	0,1	-	-	-	-	-

$\omega_{\text{н}} = \frac{\omega}{0.2}$	0,2	0,19 4	0,18 7	0,17	0,14	0,11	0,03 8	-	-	-	-	-	-	-
--	-----	-----------	-----------	------	------	------	-----------	---	---	---	---	---	---	---

Построение механической характеристики насоса

Приведенный момент вращения рабочей машины к валу двигателя определяется из следующего соотношения:

$$M_c = M_{\text{тр}} + (M_{\text{сном}} - M_{\text{тр}}) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{\text{н}}} \right)^2, N^*_{\text{м}}$$

где: $M_{\text{тр}}$ – момент трогания механизма, $N^*_{\text{м}}$.

$$M_{\text{тр}} = \lambda_{\text{тр}} \cdot M_{\text{сном}}$$

где: $\lambda_{\text{тр}} = 0,3$ (для центробежных насосов);

$M_{\text{сном}}$ – момент статического сопротивления при скорости $\omega_{\text{ном}}, N^*_{\text{м}}$.

$$M_{\text{сном}} = \frac{P_{\text{сном}}}{\omega_{\text{ном}}} = \frac{200000}{157} = 1273,8 \text{ Нм}$$

$$M_{\text{тр}} = 0,3 \cdot 1273,8 = 382,14 \text{ Нм}$$

Подставляя значения скоростей ω из таблицы 2 в формулу определяем M_c . Расчет вычисления моментов сводим в таблицу 3.7

Таблица 3.7 Моменты статического сопротивления насоса при различной скорости ω

s	0.0	0,016	0,04	0,0065	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1
$\omega, \text{с}^{-1}$	157	154,4	150,7	146,8	141,3	125,6	94,2	62,8	31,4	0
$M, \text{Нм}$	0	668,1	1560,2	2246	2761,6	2703,8	1778	1258,6	964,8	779,8
$M_c, \text{Нм}$	1273,8	658,7	645	632	631,7	565,15	485	427	393,57	382

По результатам расчетов строим механическую характеристику насоса $M_c = f(\omega)$

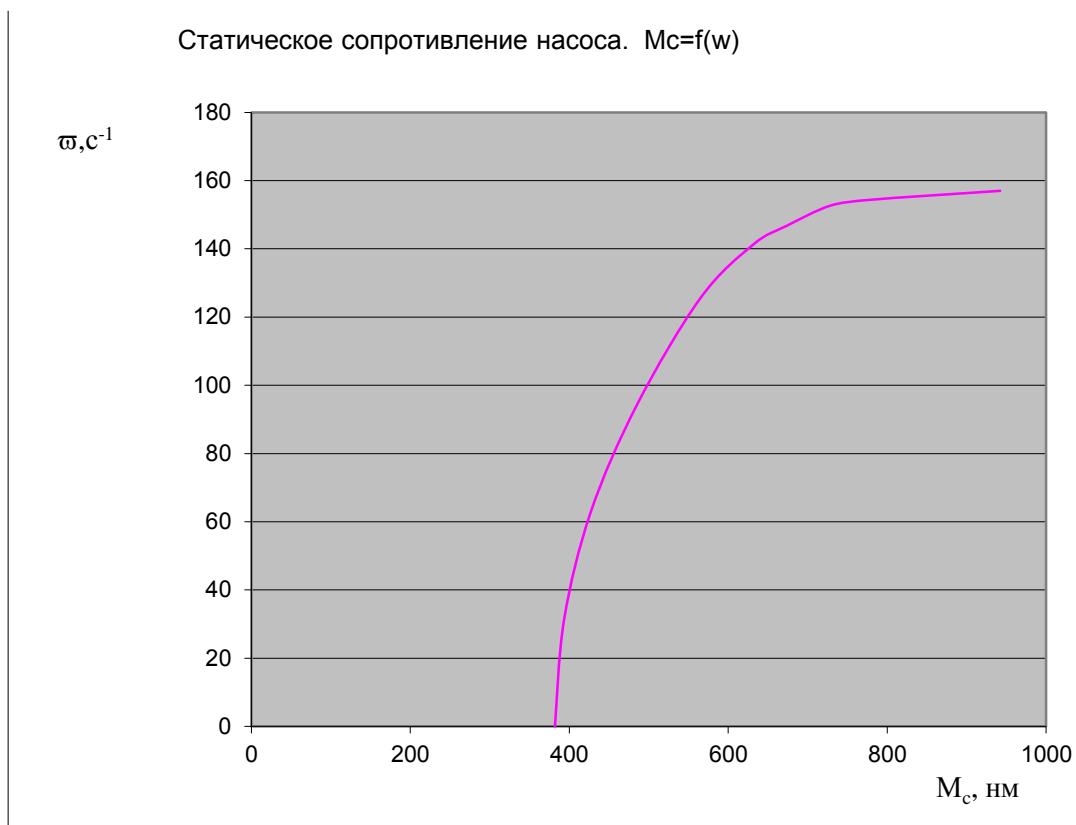


Рис.3.7 Построение характеристики $M_c = f(\omega)$

По координатам точек пересечения рассчитывается напор H и строится характеристика $H=f(\omega^*)$.

Напор рассчитывается из выражения:

$$Q = \frac{3600 \cdot \omega \cdot M \cdot \eta}{k_3 \cdot k_p \cdot (H + \Delta H) \cdot \rho \cdot g}$$

где $H + \Delta H$ - напор, создаваемый насосом, м; $=103\text{ м}$

k_3 - коэффициент запаса двигателя по мощности, учитывающий неточности расчёта (при $Q > 100 \text{ м}^3/\text{ч}$, $k_3 = 1,25$);

k_p - коэффициент, учитывающий мощность двигателей в регулируемых приводах, ($k_p = 1$);

Q - объемная подача или производительность данного насоса, $360 \text{ м}^3/\text{час}$;

g - ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$ ($g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$);

η - общий КПД насоса, равен $0,77$;

ρ - плотность перекачиваемой жидкости, для воды $\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$

Таблица 3.8 Значения напора Q при различной скорости $\omega, \text{ с}^{-1}$

$\omega, \text{ с}^{-1}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$M, \text{ Нм}$	263,6	527,2	790,8	1054	1318
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	20,6	111	190	304	360

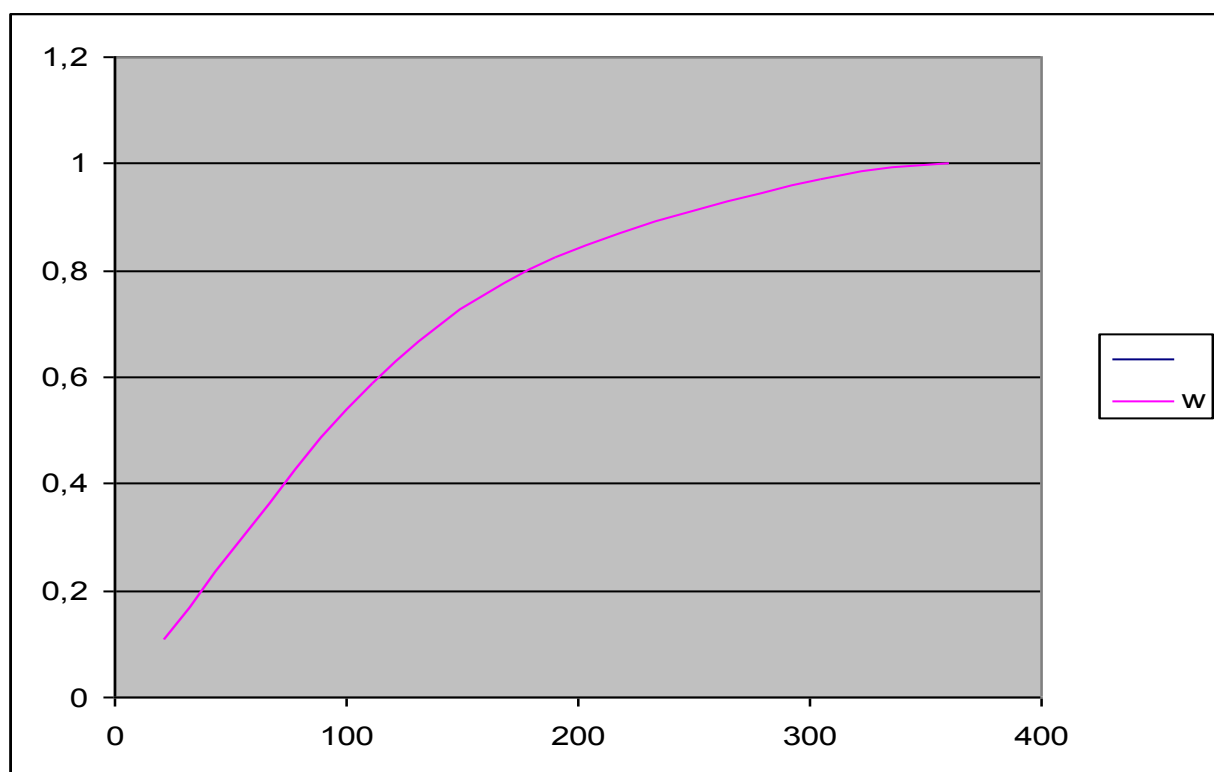


Рис.3.8 Производительность насоса при различной скорости $\omega, \text{с}^{-1}$

Из полученной характеристики видно, что производительность насоса плавно изменяется с изменением скорости $\omega=2\pi f$ в диапазоне регулирования скорости от 0 до ω_n .

Выбор комплектного преобразователя

Электроприводы с частотно-токовым регулированием скорости применяются в технологических установках, работающих в продолжительном режиме с относительно медленным изменением скорости. Наиболее часто они применяются для регулируемого привода насосов и вентиляторов, как в нашем случае. Такие системы целесообразно так же применять, если по технологии требуется одновременное регулирование скорости группы одностипных электроприводов. В этом случае преобразователь частоты является общим источником питания для группы приводов. Диапазон регулирования скорости $D=20:1$, $S_{mc}=5-10\%$. Они являются наиболее простыми системами: функциональную схему см. на рис. 3.4

Системы регулирования осуществляет задание частоты и величины тока статора в соответствии с заданной скоростью и нагрузкой на валу двигателя. В этой схеме имеется оптимизированный контур регулирования тока статора I_1 и разомкнутый канал регулирования скорости, в котором задается скорость идеального холостого хода W_0 , соответствующая скорости вращения поля статора при данной частоте. На входе контура тока включен

функциональный преобразователь ФП, реализующий зависимость I от S абс. Сигнал абсолютного скольжения вычисляется в сумматоре на входе ФП.

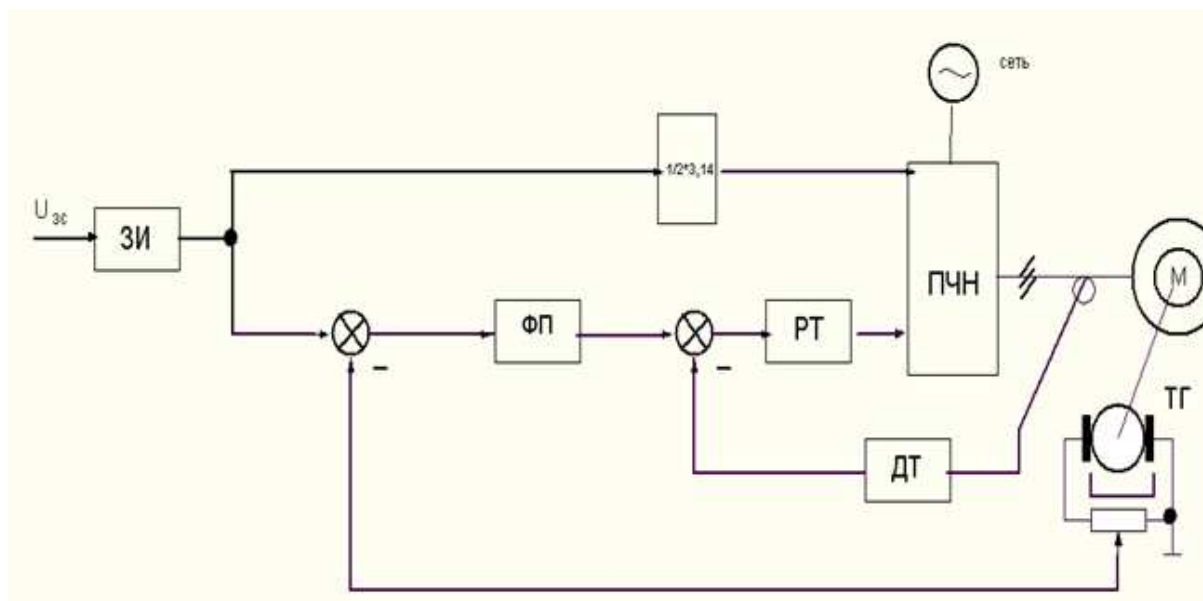


Рис.3.8 Функциональная схема системы асинхронного

электропривода с частотно - токовым управлением

Для данного двигателя выбираем преобразователь HYUNDAI N700E-004HF с параметрами:

- $U_{н.вых.} = 380 \text{ В};$
- $I_{н.вых.} = 300 \text{ А};$
- $P_{\max.дв.} = 200 \text{ кВт};$
- $U_{н} = 380 \text{ В}, (+10\%; -15\%);$
- $f_{н} = 50/60 \text{ Гц}, (\pm 5\%);$
- диапазон управления скоростью – 1:20;
- метод управления – ШИМ синусоидальной характеристики, управление соотношением напряжение/частота;
- точность управления скоростью - $\pm 2\text{-}3\%$ (+1 до+40);
- точность частоты - $\pm 0,01\%$;

Функции силовых цепей:

- повторный пуск при просадке питания;
- определение скорости;
- определение вращающего момента;
- управление 4 скоростями (максимум);
- изменение времени разгона/торможения;
- автонастройка;
- управление включением/отключением охлаждающего вентилятора;
- компенсация вращающего момента;
- переход на новую частоту;
- верхний и нижний пределы задания частот;
- прерывание высокого скольжения;
- ПИ – регулирование;

- энергосберегающий режим;
- квитирование неисправностей;
-
- копирование функций

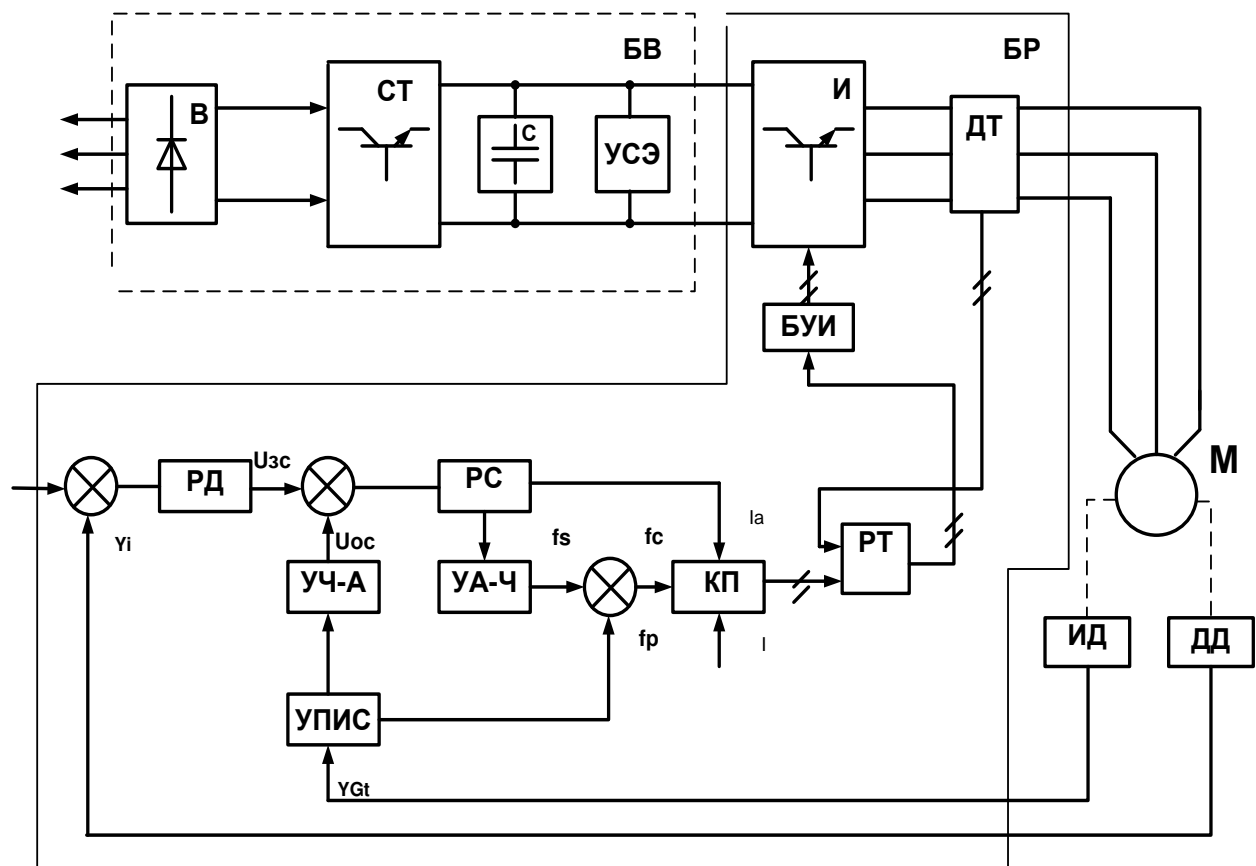


Рисунок 3.9. Функциональная схема

Преобразователь частоты

Преобразователь частоты типа HYUNDAI N700E-004HF являющийся составной частью системы автоматического управления насосам, выполняет следующие функции:

- включение и плавный пуск электродвигателя;
- поддержание заданной частоты вращения электродвигателя;
- аварийное отключение и диагностика;
- защита электродвигателя;

Преобразователь обеспечивают работу электропривода в ручном (кнопочном) и автоматическом (замкнутом по давлению) режимах работы в диапазоне скоростей от 0 до n . Преобразователь обеспечивает при разности сигналов с выхода регулятора давления Y и датчика обратной связи по давлению $P < P_{\text{норм}}$ максимальную скорость электродвигателя, которая может регулироваться в пределах $0,2n$. При $P < P_{\text{норм}}$ преобразователь обеспечивает скорость электродвигателя, пропорциональную разности сигналов Y и Y . В преобразователе предусмотрен источник постоянного напряжения 24 В для питания импульсного датчика.

Функциональная схема преобразователя частоты: БВ блок ввода; БР блок регулирования; В выпрямитель; СТ стабилизатор; С блок фильтрующих конденсаторов; УСЭ узел сброса энергии торможения; И инвертор; ДТ датчик тока; М электродвигатель; БУИ блок управления инвертором; РД регулятор давления; РС регулятор скорости; УЧА узел частота-аналог; УАЧ узел аналог-частота; УПИС узел преобразователя импульсного сигнала; КП координатный преобразователь; РТ регулятор тока; ИД импульсный датчик скорости; П ДД датчик давления. Преобразователь содержит: блок ввода, включающий в себя неуправляемый выпрямитель, стабилизатор силового напряжения, блок фильтрующих конденсаторов и узел сброса энергии торможения электродвигателя; блок регулирования, состоящий из инвертора на транзисторных ключах и системы управления преобразователем.

Система регулирования выполнена по двухконтурной схеме и содержит контур с интегральным регулятором скорости, замкнутый по скорости электродвигателя, и контур с регулятором тока, сигнал с которого подается на блок управления инвертором.

Регулирование скорости электродвигателя осуществляется в функции давления в трубопроводе. Сигнал, пропорциональный разности заданного Y и истинного Y значения давления, подается на вход узла регулятора давления, с выхода которого снимается сигнал задания скорости U . Этот сигнал на входе регулятора скорости сравнивается с сигналом обратной связи по скорости U , который формируется узлом преобразования импульсного сигнала и узлом частотааналог из сигнала Y , снимаемого с импульсного датчика скорости. Сигнал с регулятора скорости является сигналом задания активной составляющей тока двигателя I , которая вместе с заданной реактивной составляющей I поступают на координатный преобразователь, где определяются заданные значения амплитуды и частоты активной и реактивной составляющих токов фаз статора. При этом частота тока статора двигателя f формируется как сумма частот f (пропорциональной сигналу с выхода регулятора скорости) и f (пропорциональной скорости вращения ротора). Преобразователь обеспечивает работу электропривода в зависимости от давления в трубопроводе.

В преобразователе предусмотрены следующие виды защит: от недопустимого повышения (свыше $1,3U$) и понижения (ниже $0,8U$) напряжения сети; от недопустимого повышения (свыше $2U$) напряжения сети; от недопустимого повышения напряжения на выходе блока ввода (свыше $1,2U$); от обрыва фазы питающей сети; от неисправности и перегрузки узла слива электроэнергии торможения; тепловую от перегрузок блока ввода и регулирования; от КЗ в блоках ввода и регулирования; от недопустимого понижения напряжения импульсного датчика и датчика положения заслонки (датчика давления) Преобразователи

имеют сигнализацию о готовности блоков ввода и регулирования и срабатывании отдельных видов защит.

Преобразователь частоты адаптирован для совместной работы с контроллером и блоком ввода – вывода.

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		116

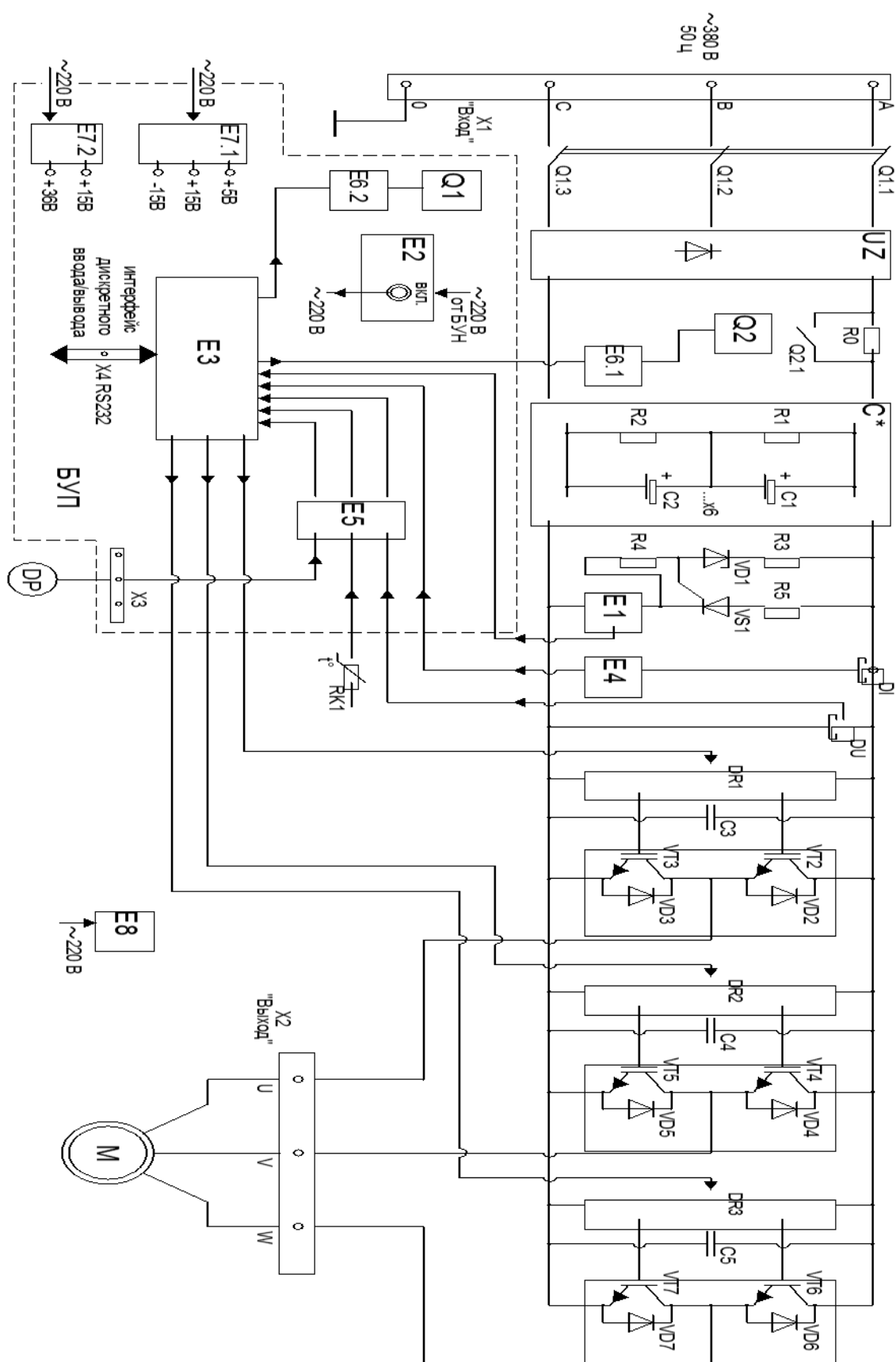


Рисунок 3.10. Схема преобразователя

4 Автоматизация

Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами является перспективным направлением энергосбережения. К объектам автоматизации относятся системы отопления, горячего и холодного водоснабжения, вентиляции, а также другое, самое разнообразное технологическое оборудование, используемое, в том числе и в научных целях.

Экономический эффект от внедрения АСУ ТП достигается не только за счет точного регулирования параметров технологического процесса, но также и как результат учета расхода энергоресурсов, мониторинга состояния технологического оборудования и соответственно уменьшения времени реакции персонала на аварийные и предаварийные события.

Современные АСУ ТП представляют собой гибкие распределенные системы, состоящие из компонентов различных производителей и обладающие возможностью расширения, как в количественном, так и качественном отношении.

Задачи автоматизации

Основная задача автоматизации: обеспечение работы электродкотельной с оптимальными технико-экономическими показателями, а также безопасности обслуживания, поддержание постоянства давления при изменяющемся расходе - стабилизации перепада давления прямой и обратной сетевой воды на входе в тепловой пункт.

Автоматизация группы сетевых насосов.

Для реализации автоматизации, на сетевые насосы установим преобразователи частоты HYUNDAI N700E-004HF на каждый насос, а также датчики давления и температуры. Сетевые насосы работают следующим образом, холодная вода поступает на сетевые насосы электродкотельной, насосы нагнетают воду на группу электродкотлов КЭВ-4000/6. Вода нагревается до температуры 130° и после чего идет дальше на нужды тепло- и водоснабжения.

Поддержание постоянства давления при изменяющемся расходе на электродкотельной осуществляется сетевыми насосами, а также насосами подпитки, которые подпитывают систему недостающей водой. Информация о текущем значении давления в напорной части водопровода поступает с датчика давления ДД8, расположенного на выходе электродкотельной. Система управления сетевыми насосами работает в автоматическом и ручном режиме. Переключение режимов осуществляется с пульта управления.

Работа в автоматическом режиме сетевых насосов.

В автоматическом режиме регулирование давления осуществляется системой управления - которая состоит из контроллера, модуля ввода – вывода.

Текущее значение давления в напорной части водопровода поступает от датчика давления ДД8. В соответствии с поступившим значением давления

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

контроллер дает задание на преобразователь частоты HYUNDAI N700E-004HF и подключает его к насосу №1 или подключает его к насосу №2. Одновременно могут работать два насоса, или один в работе, другой в резерве (он выбирается на пульте управления). Контроллер управляет всей электроавтоматикой, задает параметры производительности насоса на преобразователь частоты, нужную мощность сетевого насоса.

Автоматический режим показан в структурной схеме алгоритма рис.1

Давление на выходе с насосной станции находится в заданных пределах $p-x \leq p_{тек} \leq p+x$ (где x –допустимый диапазон изменения давления). В этом случае СУ проверяет выработал ли насос суточный моторесурс, и если да, то производит переключения между насосами.

Если давление меньше нормы $p_{min} \leq p_{тек} \leq p - x$. СУ проверяет число работающих насосов. Если работает один насос, то делается проверка работы ПЧ на максимальной частоте. Если нет, то дается команда на увеличение его частоты, в противном случае происходит переключение насоса, работающего от ПЧ, к сети, а к ПЧ подключается другой насос (до этого не работавший). Если давление больше нормы $p + x \leq p_{ТЕК} \leq p_{max}$, СУ проверяет число работающих насосов. Если работают два насоса, то делается проверка работы ПЧ на минимальной частоте. Если нет, то дается команда на уменьшение его частоты, в противном случае происходит отключение насоса, работающего от ПЧ, а к ПЧ подключается насос, работающий от сети.

Если давление меньше минимально допустимого $p_{ТЕК} \leq p_{min}$, СУ проверяет находится ли какой-либо насос в работе. Если нет, то СУ осуществляет пуск того насоса (от преобразователя частоты), который наработал самый маленький моторесурс. Если да, то СУ дает задание на ПЧ на повышение частоты вращения насоса. Если в течении заданного времени давление на выходе насосной станции не превышает минимально допустимого, то устанавливается флаг «Авария» и СУ останавливает работу насосной станции.

Если давление на выходе насосной станции больше максимально возможного значения $p_{тек} > p_{max}$, то СУ устанавливает флаг «Авария» и прекращает работу.

Ручной режим является аварийным и необходим только для работы, когда невозможен автоматический режим работы СУ.

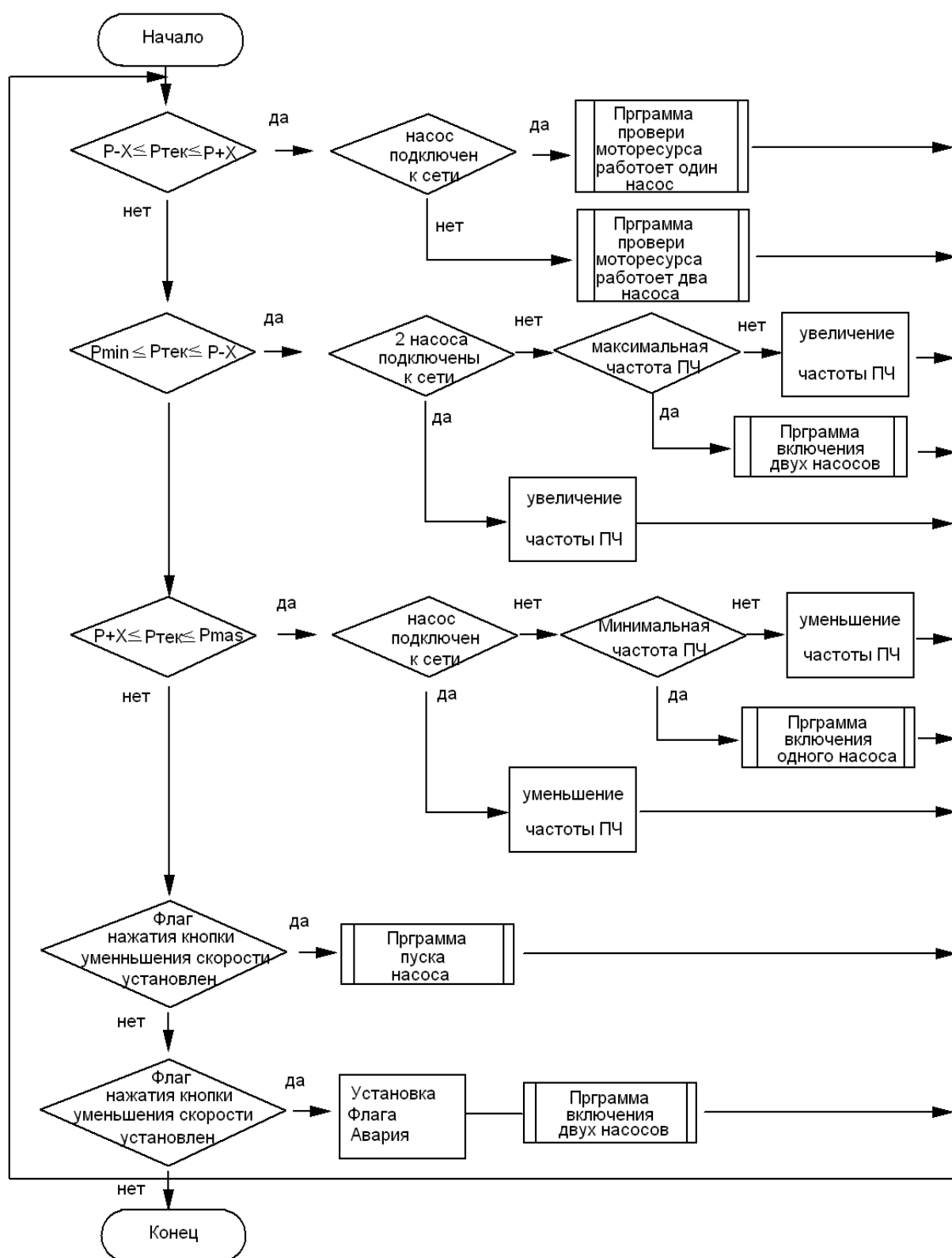


Рис.4.1 Структурная схема алгоритма



Рис.4.2 Датчик давления Роземаунт 3051С

Датчики оборудованы сенсорным модулем для измерения перепадов избыточного и абсолютного давлений с пределами измерений от 0,025 до 27580 кПа.

3051С может использовать или традиционные фланцы, или платформу™ Coplanar Роземаунт разностороннюю конструированные для того чтобы включить самое лучшее оторстчатое соединение для давления, подачи, и ровных применений. Право из коробки, разрешение приезжает откалиброванной фабрикой, после того как оно испытано, и подготавливает для того чтобы установить. Передатчик давления Роземаунт 3051С франтовской также имеющийся в нескольких материалах и широкий диапазон опасных аттестаций зоны имеющийся

Варианты выхода имеющиеся к передатчику давления 3051С Роземаунт включают 4-20mA или 1-5VDC с протоколом ХАРТА, Profibus, или fieldbus FOUNDATION. 3051С предлагает настолько много вариантов что его можно

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист 103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

установить для любого применения

Применения:

Передачики перепада давления Роземаунт 3051CD предусматривают надежное измерение перепада давления

Спецификации:

Размер поверхности стыка: M20 * 1.5 (mm) (mm)
Ранг предохранения: Измеряя ряд IP65: 0-30000 (kPa)
Тип: толковейший передатчик давления
Модель: Средство измерения КОМПАКТНОГО ДИСКА 3051: пар жидкостного газа
Точность ровная: плюс или минус 0.075% тавра: Rosemount/Rosemount
Выходные сигналы: 4 напряжение тока электропитания ~ 20 (mA): 24 (v)
Принцип деятельности: Сторона работы, максимума и низкого давления мембраны изоляции и жидкостного давления процесса перехода заполнить жидкость, после этого для того чтобы полить жидкостное давление перехода к центру датчика на воспринимая диафрагме. Воспринимать диафрагму напрягать эластичного элемента, изменение смещения с обжатием и (для передатчика давления по манометру GP, атмосферного давления как прилагающего на стороне низкого напряжения тока воспринимая диафрагмы). AP с датчика давления, сторона низкого напряжения тока всегда поддерживают опорное давление. Воспринимать самое большое смещение диафрагмы 0.004 дюйма (0.1 mm), и смещение пропорционально к давлению. С обеих сторон плиты емкости обнаружьте положение воспринимая диафрагмы. Воспринимать диафрагму и емкость между разницей в емкости плиты преобразован к соответствуя течению, напряжению тока или цифровому выходному сигналу
Технически параметры: Общая характеристика: плюс или минус 0.15% Точность: +/- 0.075% Перепад давления: тарировка inH2O от 0.5 до 2000 psi
Давление датчика: тарировка inH2O от 2.5 до 2000 psi
Абсолютное давление: ряд тарировки от 0.167 psia до 4000 psia Отростчатая диафрагма изоляции: нержавеющей сталь, сплав с hartz, monel, тантал (КОМПАКТНЫЙ ДИСК, только CG) и gold-plated monel

Малая, сильная и облегченная конструкция, легкая для того чтобы установить

Датчик температуры ТП101-К.

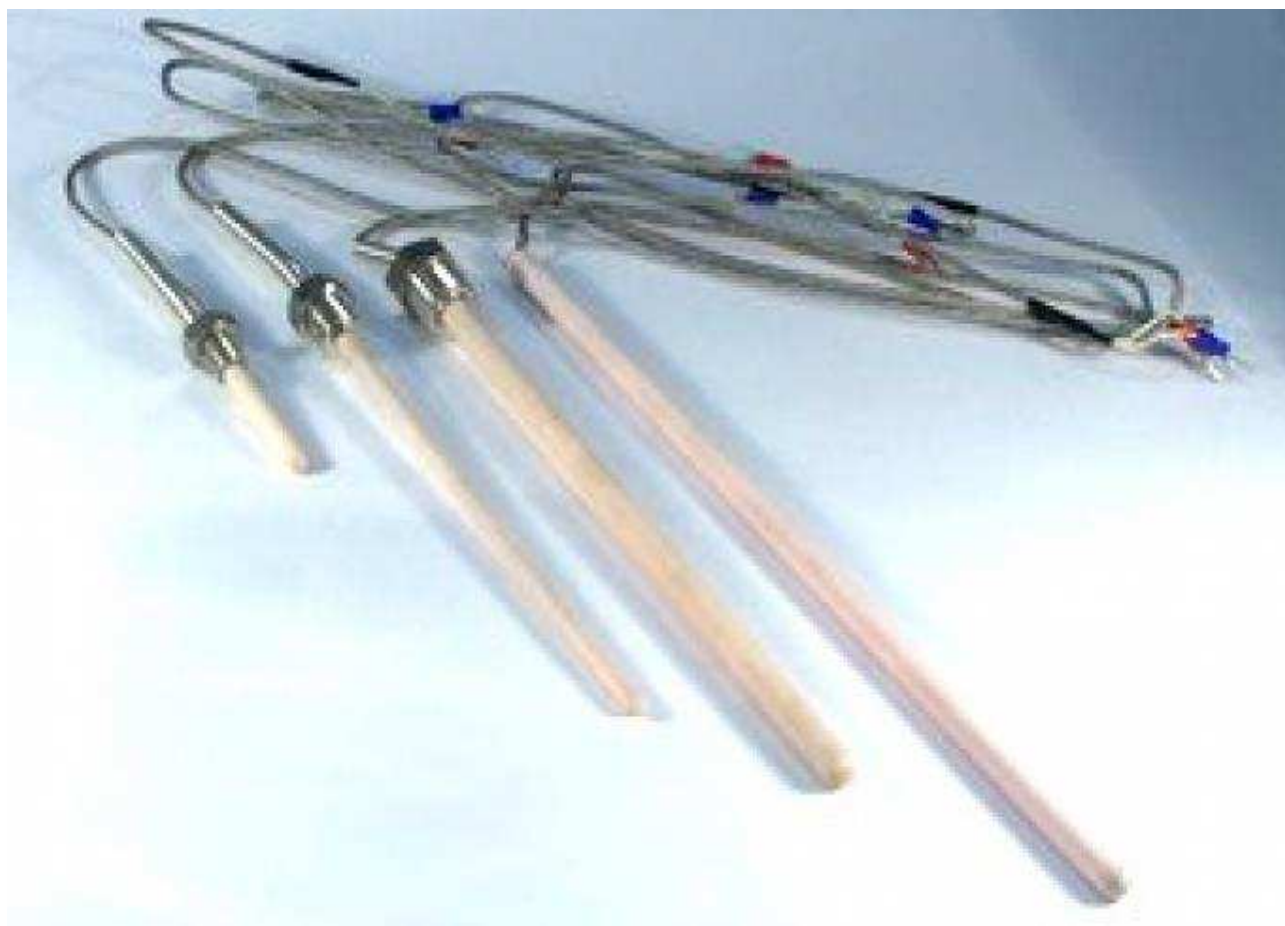


Рис.4.3 Датчик температуры ТП101-К.

Технические характеристики:

Показатель тепловой инерции, с
90

Максимальная скорость нагрева
80°C/мин

Степень защиты по ГОСТ 14254
IP54

Базовая длина кабельного вывода (для ТП100), м
0,5-1

Допустимая температура на узлах датчика (ком. головка, место спая
выводящего кабеля), °C
от минус 40 до +200

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

Контроллеры Simatic S7-300

Для автоматизации сетевых насосов используются контролируемые контроллеры Simatic S7-300, производимые компанией Siemens, запрограммированные каждый для своих целей.

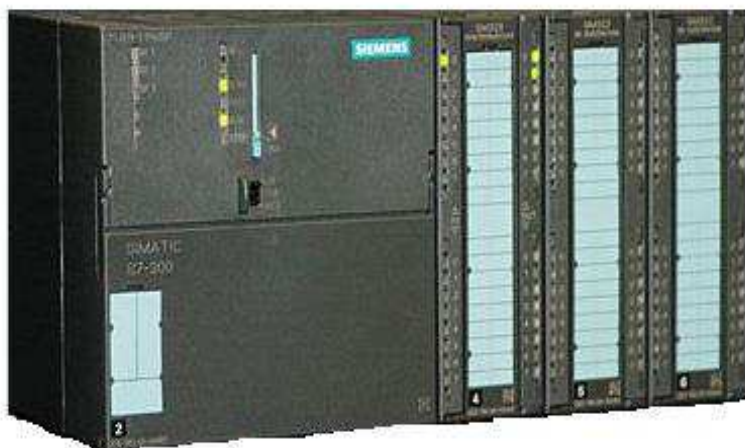


Рисунок 4.4 – Внешний вид S7 300

Simatic S7-300 — программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности.

Основные особенности контроллера:

- 1) модульная конструкция, монтаж модулей на профильной шине (рельсе);
- 2) естественное охлаждение;
- 3) применение локального и распределенного ввода -вывода;
- 4) возможности коммуникаций по сетям MPI, Profibus Industrial Ethernet/PROFINet, AS-i, BACnet, MODBUS TCP;
- 5) поддержка на уровне операционной системы функций, обеспечивающих работу в реальном времени;
- 6) поддержка на уровне операционной системы аппаратных прерываний;
- 7) поддержка на уровне операционной системы обработки аппаратных и программных ошибок;
- 8) свободное наращивание возможностей при модернизации системы;
- 9) возможность использования распределенных структур ввода-вывода и простое включение в различные типы промышленных сетей.

Операторная панель OP77A

Панель оператора OP 77A может использоваться для управления и мониторинга работы машин и установок в различных областях промышленного производства и системах автоматизации зданий.

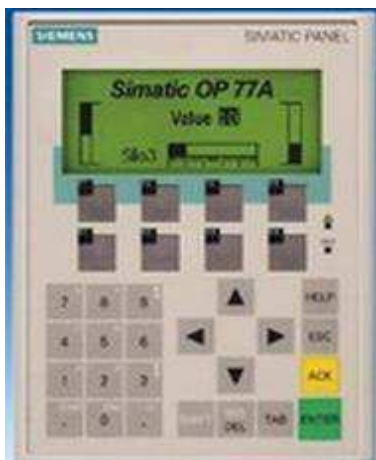


Рисунок 4.5 - Панель оператора OP 77A

Особенности:

- Высококонтрастный дисплей с хорошо читаемой информацией
- Клавиши большого размера, обеспечивающие удобство управления
- Простота конфигурирования и обслуживания
- Работа без буферной батареи, длительный срок службы встроенного дисплея
- Наличие библиотеки с большим набором графических объектов

Модульная станция ET 200S (ET 200M) ввода –вывода для систем на основе PROFIBUS

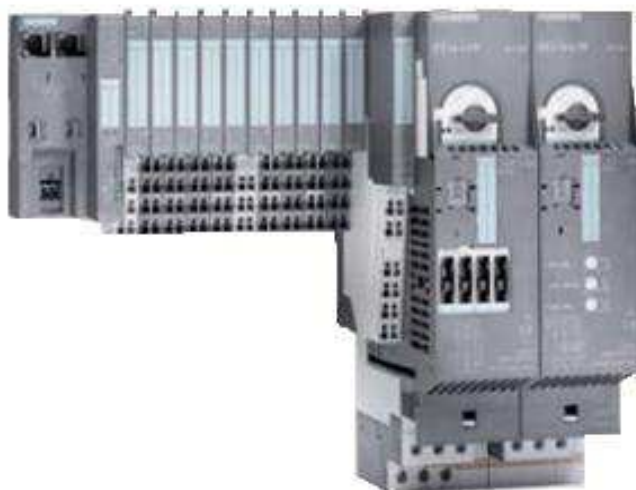


Рисунок 4.6 – Модульная станция ET 200S

Станция ET 200S предназначена для построения систем распределенного ввода-вывода на основе сетей PROFIBUS DP или PROFINET IO. Она ориентирована на работу в системах распределенного ввода-вывода программируемых контроллеров SIMATIC S7/ WinAC, но может использоваться в сочетании с программируемыми контроллерами других производителей, способных поддерживать функции ведущего DP устройства или контроллера PROFINET IO. Станция имеет степень защиты IP 20

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108

4 Автоматизация

Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами является перспективным направлением энергосбережения. К объектам автоматизации относятся системы отопления, горячего и холодного водоснабжения, вентиляции, а также другое, самое разнообразное технологическое оборудование, используемое, в том числе и в научных целях.

Экономический эффект от внедрения АСУ ТП достигается не только за счет точного регулирования параметров технологического процесса, но также и как результат учета расхода энергоресурсов, мониторинга состояния технологического оборудования и соответственно уменьшения времени реакции персонала на аварийные и предаварийные события.

Современные АСУ ТП представляют собой гибкие распределенные системы, состоящие из компонентов различных производителей и обладающие возможностью расширения, как в количественном, так и качественном отношении.

Задачи автоматизации

Основная задача автоматизации: обеспечение работы электродкотельной с оптимальными технико-экономическими показателями, а также безопасности обслуживания, поддержание постоянства давления при изменяющемся расходе - стабилизации перепада давления прямой и обратной сетевой воды на входе в тепловой пункт.

Автоматизация группы сетевых насосов.

Для реализации автоматизации, на сетевые насосы установим преобразователи частоты HYUNDAI N700E-004HF на каждый насос, а также датчики давления и температуры. Сетевые насосы работают следующим образом, холодная вода поступает на сетевые насосы электродкотельной, насосы нагнетают воду на группу электродкотлов КЭВ-4000/6. Вода нагревается до температуры 130° и после чего идет дальше на нужды тепло- и водоснабжения.

Поддержание постоянства давления при изменяющемся расходе на электродкотельной осуществляется сетевыми насосами, а также насосами подпитки, которые подпитывают систему недостающей водой. Информация о текущем значении давления в напорной части водопровода поступает с датчика давления ДД8, расположенного на выходе электродкотельной. Система управления сетевыми насосами работает в автоматическом и ручном режиме. Переключение режимов осуществляется с пульта управления.

Работа в автоматическом режиме сетевых насосов.

В автоматическом режиме регулирование давления осуществляется системой управления - которая состоит из контроллера, модуля ввода – вывода.

Текущее значение давления в напорной части водопровода поступает от датчика давления ДД8. В соответствии с поступившим значением давления

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

контроллер дает задание на преобразователь частоты HYUNDAI N700E-004HF и подключает его к насосу №1 или подключает его к насосу №2. Одновременно могут работать два насоса, или один в работе, другой в резерве (он выбирается на пульте управления). Контроллер управляет всей электроавтоматикой, задает параметры производительности насоса на преобразователь частоты, нужную мощность сетевого насоса.

Автоматический режим показан в структурной схеме алгоритма рис.1

Давление на выходе с насосной станции находится в заданных пределах $p-x \leq p_{тек} \leq p+x$ (где x –допустимый диапазон изменения давления). В этом случае СУ проверяет выработал ли насос суточный моторесурс, и если да, то производит переключения между насосами.

Если давление меньше нормы $p_{min} \leq p_{тек} \leq p - x$. СУ проверяет число работающих насосов. Если работает один насос, то делается проверка работы ПЧ на максимальной частоте. Если нет, то дается команда на увеличение его частоты, в противном случае происходит переключение насоса, работающего от ПЧ, к сети, а к ПЧ подключается другой насос (до этого не работавший). Если давление больше нормы $p + x \leq p_{ТЕК} \leq p_{max}$, СУ проверяет число работающих насосов. Если работают два насоса, то делается проверка работы ПЧ на минимальной частоте. Если нет, то дается команда на уменьшение его частоты, в противном случае происходит отключение насоса, работающего от ПЧ, а к ПЧ подключается насос, работающий от сети.

Если давление меньше минимально допустимого $p_{ТЕК} \leq p_{min}$, СУ проверяет находится ли какой-либо насос в работе. Если нет, то СУ осуществляет пуск того насоса (от преобразователя частоты), который наработал самый маленький моторесурс. Если да, то СУ дает задание на ПЧ на повышение частоты вращения насоса. Если в течении заданного времени давление на выходе насосной станции не превышает минимально допустимого, то устанавливается флаг «Авария» и СУ останавливает работу насосной станции.

Если давление на выходе насосной станции больше максимально возможного значения $p_{тек} > p_{max}$, то СУ устанавливает флаг «Авария» и прекращает работу.

Ручной режим является аварийным и необходим только для работы, когда невозможен автоматический режим работы СУ.

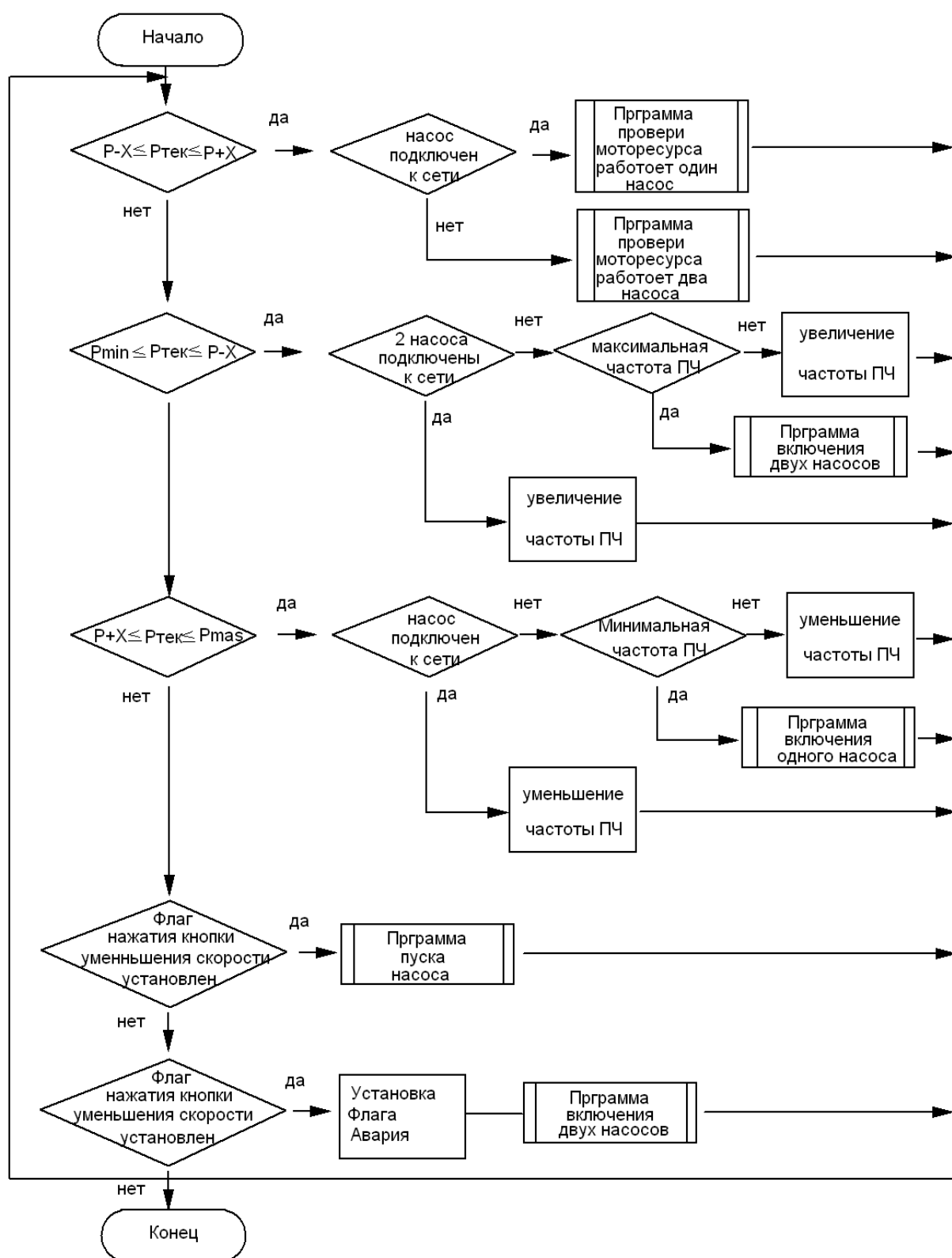


Рис.4.1 Структурная схема алгоритма



Рис.4.2 Датчик давления Роземаунт 3051С

Датчики оборудованы сенсорным модулем для измерения перепадов избыточного и абсолютного давлений с пределами измерений от 0,025 до 27580 кПа.

3051С может использовать или традиционные фланцы, или платформу™ Coplanar Роземаунт разностороннюю конструированные для того чтобы включить самое лучшее отрезчатое соединение для давления, подачи, и ровных применений. Право из коробки, разрешение приезжает откалиброванной фабрикой, после того как оно испытано, и подготавливает для того чтобы установить. Передатчик давления Роземаунт 3051С фланцевой также имеющийся в нескольких материалах и широкий диапазон опасных аттестаций зоны имеющийся

Варианты выхода имеющиеся к передатчику давления 3051С Роземаунт включают 4-20mA или 1-5VDC с протоколом HART, Profibus, или fieldbus FOUNDATION. 3051С предлагает настолько много вариантов что его можно

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

установить для любого применения

Применения:

Передачики перепада давления Роземаунт 3051CD предусматривают надежное измерение перепада давления

Спецификации:

Размер поверхности стыка: M20 * 1.5 (mm) (mm)
Ранг предохранения: Измеряя ряд IP65: 0-30000 (kPa)
Тип: толковейший передатчик давления
Модель: Средство измерения КОМПАКТНОГО ДИСКА 3051: пар жидкостного газа
Точность ровная: плюс или минус 0.075% тавра: Rosemount/Rosemount
Выходные сигналы: 4 напряжение тока электропитания ~ 20 (mA): 24 (v)
Принцип деятельности: Сторона работы, максимума и низкого давления мембраны изоляции и жидкостного давления процесса перехода заполнить жидкость, после этого для того чтобы полить жидкостное давление перехода к центру датчика на воспринимая диафрагме. Воспринимать диафрагму напрягать эластичного элемента, изменение смещения с обжатием и (для передатчика давления по манометру GP, атмосферного давления как прилагающего на стороне низкого напряжения тока воспринимая диафрагмы). AP с датчика давления, сторона низкого напряжения тока всегда поддерживают опорное давление. Воспринимать самое большое смещение диафрагмы 0.004 дюйма (0.1 mm), и смещение пропорционально к давлению. С обеих сторон плиты емкости обнаружьте положение воспринимая диафрагмы. Воспринимать диафрагму и емкость между разницей в емкости плиты преобразован к соответствуя течению, напряжению тока или цифровому выходному сигналу
Технически параметры: Общая характеристика: плюс или минус 0.15% Точность: +/- 0.075% Перепад давления: тарировка inH2O от 0.5 до 2000 psi
Давление датчика: тарировка inH2O от 2.5 до 2000 psi
Абсолютное давление: ряд тарировки от 0.167 psia до 4000 psia Отростчатая диафрагма изоляции: нержавеющей сталь, сплав с hartz, monel, тантал (КОМПАКТНЫЙ ДИСК, только CG) и gold-plated monel

Малая, сильная и облегченная конструкция, легкая для того чтобы установить

Датчик температуры ТП101-К.

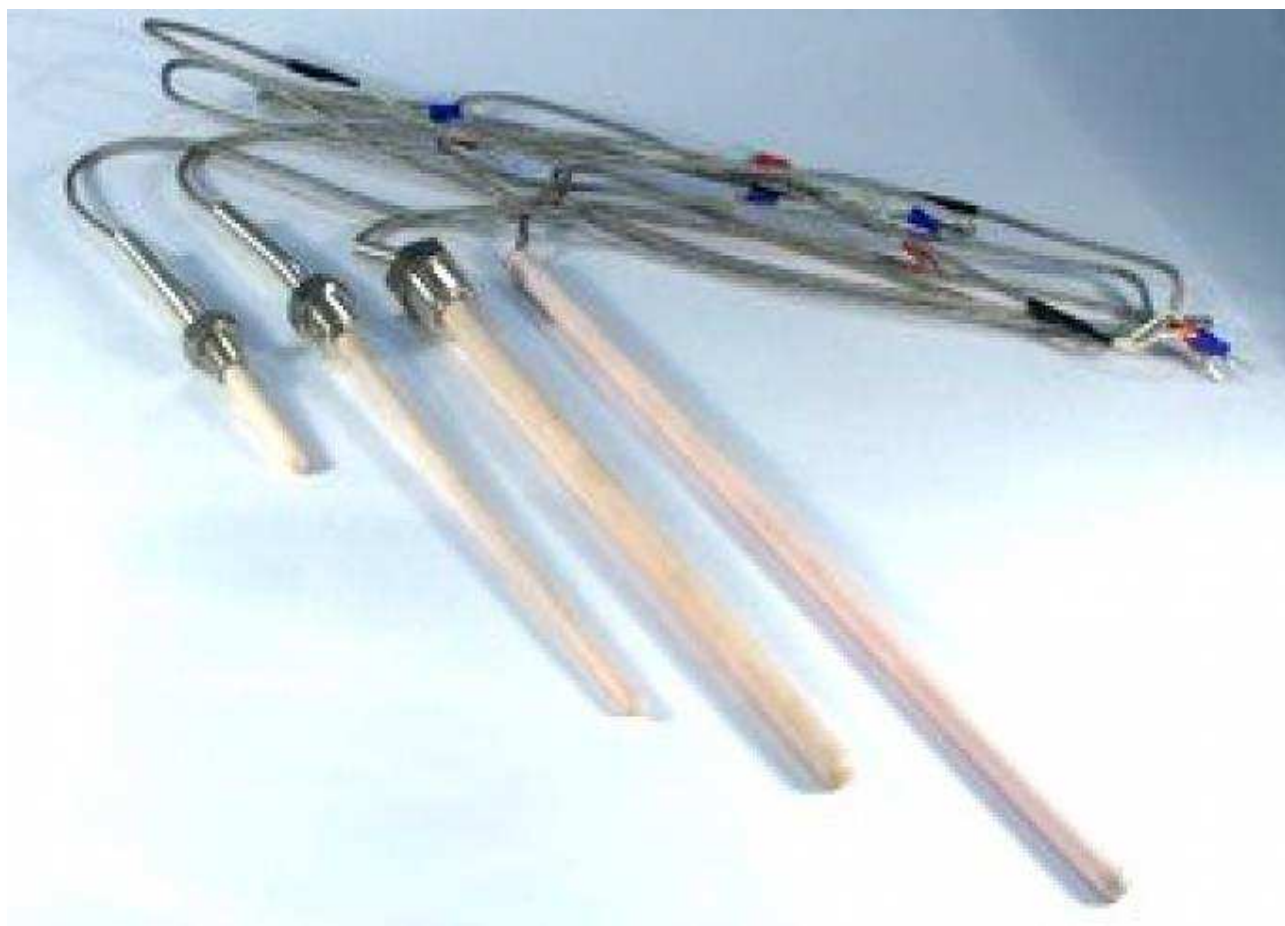


Рис.4.3 Датчик температуры ТП101-К.

Технические характеристики:

Показатель тепловой инерции, с
90

Максимальная скорость нагрева
80°C/мин

Степень защиты по ГОСТ 14254
IP54

Базовая длина кабельного вывода (для ТП100), м
0,5-1

Допустимая температура на узлах датчика (ком. головка, место спая
выводящего кабеля), °C
от минус 40 до +200

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

Контроллеры Simatic S7-300

Для автоматизации сетевых насосов используются контролируемые контроллеры Simatic S7-300, производимые компанией Siemens, запрограммированные каждый для своих целей.

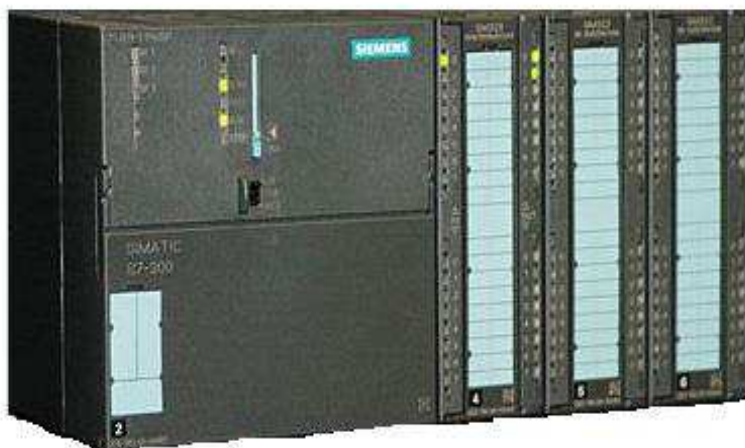


Рисунок 4.4 – Внешний вид S7 300

Simatic S7-300 — программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности.

Основные особенности контроллера:

- 1) модульная конструкция, монтаж модулей на профильной шине (рельсе);
- 2) естественное охлаждение;
- 3) применение локального и распределенного ввода -вывода;
- 4) возможности коммуникаций по сетям MPI, Profibus Industrial Ethernet/PROFINet, AS-i, BACnet, MODBUS TCP;
- 5) поддержка на уровне операционной системы функций, обеспечивающих работу в реальном времени;
- 6) поддержка на уровне операционной системы аппаратных прерываний;
- 7) поддержка на уровне операционной системы обработки аппаратных и программных ошибок;
- 8) свободное наращивание возможностей при модернизации системы;
- 9) возможность использования распределенных структур ввода-вывода и простое включение в различные типы промышленных сетей.

Операторная панель OP77A

Панель оператора OP 77A может использоваться для управления и мониторинга работы машин и установок в различных областях промышленного производства и системах автоматизации зданий.



Рисунок 4.5 - Панель оператора OP 77A

Особенности:

- Высококонтрастный дисплей с хорошо читаемой информацией
- Клавиши большого размера, обеспечивающие удобство управления
- Простота конфигурирования и обслуживания
- Работа без буферной батареи, длительный срок службы встроенного дисплея
- Наличие библиотеки с большим набором графических объектов

Модульная станция ET 200S (ET 200M) ввода –вывода для систем на основе PROFIBUS

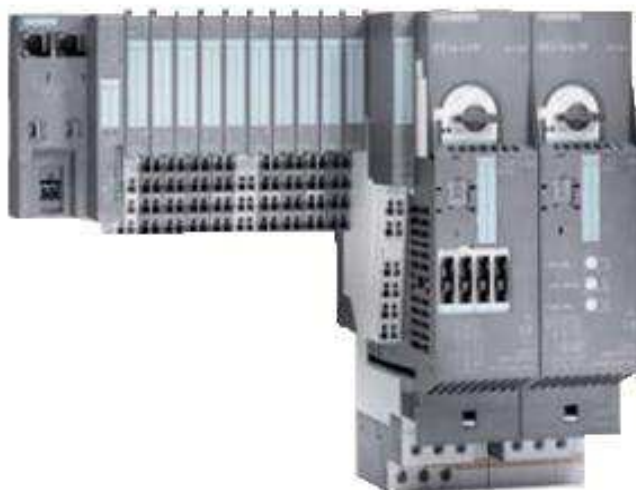


Рисунок 4.6 – Модульная станция ET 200S

Станция ET 200S предназначена для построения систем распределенного ввода-вывода на основе сетей PROFIBUS DP или PROFINET IO. Она ориентирована на работу в системах распределенного ввода-вывода программируемых контроллеров SIMATIC S7/ WinAC, но может использоваться в сочетании с программируемыми контроллерами других производителей, способных поддерживать функции ведущего DP устройства или контроллера PROFINET IO. Станция имеет степень защиты IP 20

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Электростанция №4 находится за поселком Березовки, Красноярского края, восточнее города Красноярска, непосредственно за чертой города.

Исходной водой для котельной п. Березовки является подрусловая вода реки Енисей. Исходная вода по своему химическому составу является мягкой, нейтральной с малой минерализацией (солесодержанием).

Требование охраны труда действует согласно положения Минтруда РФ от 8 февраля 2000 года, №14 «Об утверждении рекомендаций по организации работы службы охраны труда».

При проектировании встроенных, пристроенных и крышных котельных следует дополнительно руководствоваться требованиями строительных норм и правил тех зданий и сооружений, для теплоснабжения которых они предназначены.

Отдельно стоящие здания котельных по степени огнестойкости, классу конструктивной пожарной опасности, высоте зданий и площади этажа в пределах пожарного отсека принимаются в соответствии с требованиями для зданий производственного назначения.

5.1 Безопасность жизнедеятельности в производственной среде.

5.1.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов.

Опасные факторы и меры снижения опасных факторов:

Таблица 5.1.1. Опасные факторы и меры снижения опасных факторов.

Опасные факторы	меры снижения опасных факторов
Высокое напряжение и напряжение прикосновения.	Устройство защитного ограждения, Зануление эл. приемников. Заземление металлических конструкций и Эл. аппаратов и Эл. приемников
Влажность.	Дефлекторы естественной вентиляции
Высокая температура воды, трубопроводов.	Дефлекторы естественной вентиляции, устройство защитного ограждения

5.1.2. Технические и организационные мероприятия по охране труда.

Перед началом работ на оборудовании электростанции должны быть проведены все организационные и технические мероприятия.

Организационные мероприятия:

- оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации.

- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, перевод на другое место, окончание работы;

Технические мероприятия:

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

- произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подачи напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
- на приводах ручного и на ключах дистанционного управления должны быть вывешены запрещающие плакаты;
- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- наложено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);
- вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

5.1.3 Пожаро– взрывобезопасность

Электрокотельная относится к категории «Д» по пожаро-взрывобезопасности.

Таблица 5.1.3 Взрывопожарная характеристика и обеспечение средствами взрывозащиты и пожаротушения.

№ п/п	Наименов объекта	Площадь М. кв.	Категория объекта	Степень огнестойкости	Средства пожаротушения и взрывозащиты	Кол-во
1	Электро котельная	210	Д	II	Огнетушитель ОУ-8 песок	10 0,5 м ³

Пожаробезопасность

Пожарная охрана объектов обеспечивается пожарной службой комплекса (КПК).

Противопожарные мероприятия в архитектурно - планировочных решениях предусмотрены с применением конструкций зданий и сооружений с регламентированными пределами огнестойкости и горючестью, устройством в зданиях противопожарных преград, мероприятиями по обеспечению эвакуации людей.

Соблюдаются противопожарные разрывы между зданиями и сооружениями, предусмотрены проезды пожарных автомашин к зданиям и сооружениям.

На подстанциях в воздухозаборных трубах используются индикаторы дыма ионизированного типа или типа фотоприёмника. Они установлены на

					ДП- 140604.65– 2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

потолках помещений и в измерительных устройствах трубопроводов для контроля проникновения дыма. Линейное тепловое детектирование использовано на опасных сосудах и насосах, располагающихся на открытой площадке.

Проектируемые здания, сооружения и технологическое оборудование обеспечивается инженерно – техническими средствами пожарной защиты:

- системами водяного пожаротушения с гидрантами;
- передвижными установками пенного пожаротушения;

Ответвление от пальцевого трубопровода пожарной воды к пожарным мониторам предусматривается диаметром 150мм, отсекающий клапан устанавливается в месте подсоединения ответвления к кольцевому трубопроводу пожарной воды и второй клапан у пожарного монитора. Пожарные мониторы располагаются на расстоянии минимум 15 метров от защищаемого объекта. Для защиты персонала, управляющего монитором пожарной воды, от теплового излучения, на каждом мониторе предусматривается защитный экран. Там, где мониторами пожарной воды подаётся пена, должны использоваться насадки воздуходувного типа. Минимальное рабочее давление на насадке пожарного монитора 0,4 МПа и радиус струйного распыления минимум 30 метров. Мониторы обладают способностью вращаться на 360° в горизонтальной плоскости и от плюс 75° до минус 45° в вертикальной плоскости.

Первичные средства пожаротушения. Портативное и передвижное оборудование для пожаротушения обеспечивается в соответствии со следующим:

1. Портативные углекислотные огнетушители – располагаются на площадках с оборудованием, где невозможно использовать пенных огнетушителей, а именно – здание подстанции и центра управления.
2. Пожарные щиты вне зданий размещаются с расчётом обслуживания одним щитом группы зданий и сооружений в радиусе 300 метров. На каждом щите предусматриваются два пенных огнетушителя, один углекислотный, два топора, три багра, две лопаты, два ведра и ящик с песком.
3. Пожарное депо включает две пожарные машины, одну пожарную машину пенного тушения, одну аварийную медицинскую машину.

5.1.4 Производственный шум

Основными причинами образования шума в электростанции являются работающие насосы, нагревательные котлы, вентиляторные установки и электропривода.

По характерному спектру шумов подразделяют на тональные и широкополосные. Промышленный шум от работающего оборудования делят на низкочастотные (300÷400 Гц), среднечастотные (400÷1000 Гц) и высокочастотные (выше 1000 Гц). Учитывая, что верхний предел диапазона восприятия шума человеком около 130 дБ, тем самым производственный

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

шум представляет производственную вредность, отрицательно сказываясь на весь организм и в первую очередь на центральную нервную систему человека. Шум также приводит к ухудшению слуха, ослабляет внимание, замедляет скорость реакции, тем самым снижается производительность труда, снижается восприятие предупредительных сигналов, что может привести к травматизму. Различают три степени вредного воздействия шума на человека:

1. С уровнем шума 140 дБ, вызывающая механическое повреждение органов слуха;
2. С уровнем шума 120 дБ на низких частотах и 90 дБ на средних, вызывает необратимые процессы в органах слуха и глухоту;
3. Шум на более низких уровнях, вредно влияющий на нервную и сердечно-сосудистую системы.

5.1.4.1. Меры борьбы с шумом

Для снижения шума до допустимых значений необходимо осуществлять следующие меры:

1. Технические меры. Уменьшение шума в источнике и замена шумных процессов на менее шумные;
2. Строительно-акустические. Основаны на применении звукоизоляции, облицовкой внутренних стен звукопоглощающими материалами и применение звукоизолирующих кожухов и укрытий;
3. Дистанционное управление шумными машинами;
4. Применение средств индивидуальной защиты;
5. Организационные и гигиенические меры. Выбор рационального режима труда и отдыха, сокращение времени нахождения в шумных процессах, периодический отдых в специально оборудованных помещениях с уровнем шума менее 60 дБ, лечебно-профилактические меры.

5.1.5 Электробезопасность

По условиям электробезопасности электроустановки разделяют на электроустановки напряжением до 1000В включительно и выше 1000В. Электробезопасностью называется система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества. Она достигается: конструкцией электроустановок; техническими способами и средствами защиты; организационными и техническими мероприятиями. Требования (правила и нормы) электробезопасности конструкции и устройства электроустановок изложены в системе стандартов безопасности труда, а также в стандартах и технических условиях на электротехнические изделия. Технические способы и средства защиты, обеспечивающие

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

электробезопасность, устанавливаются с учетом (ГОСТ 12,1.019—79): номинального напряжения, рода и частоты тока электроустановки; способа электроснабжения (от стационарной сети, от автономного источника питания электроэнергией); режима нейтрали (средней точки) источника питания электроэнергией (изолированная, заземленная нейтраль); вида исполнения (стационарные, передвижные, переносные); условий внешней среды (помещения: особо опасные, повышенной опасности, без повышенной опасности, на открытом воздухе).

5.1.6. Технические способы и средства защиты

Для обеспечения электробезопасности должны применяться отдельно или в сочетании друг с другом следующие технические способы и средства: изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная двойная); оградительные устройства; предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности; расположение на безопасной высоте; малое напряжение; защитное заземление, зануление и защитное отключение; выравнивание потенциалов; электрическое разделение сетей; средства защиты и предохранительные приспособления.

Изоляция токоведущих частей.

Исправная изоляция является основным условием, обеспечивающим безопасность при эксплуатации электроустановок. Основными причинами нарушения изоляции и ухудшения ее качеств являются: нагревание рабочими и пусковыми токами и токами короткого замыкания, теплом посторонних источников, солнечной радиацией и т. п.; динамические усилия, смещение, истирание, механические повреждения, возникающие при малом радиусе изгиба кабелей, чрезмерных растягивающих усилиях при вибрациях и т. п.; воздействие загрязнения, масел, бензина, влаги, химических веществ. В силовых и осветительных сетях напряжением до 1000В величина сопротивления изоляции между любым проводом и землей, а также между двумя проводниками, измеренная между двумя смежными предохранителями или да последними предохранителями, должна быть не менее 0,5 МОм, Существуют нормы на качество изоляции отдельных электроустановок. Состояние изоляции проверяется перед вводом электроустановки в эксплуатацию, после ее ремонта, а также после длительного ее пребывания в нерабочем положении. Кроме того, проводится профилактический контроль изоляции с помощью специальных приборов: омметров и мегомметров. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей предписывают проводить такой контроль в электроустановках до 1000В не реже 1 раза в три года. В тех случаях, когда силовые или осветительные сети имеют сопротивление изоляции ниже нормированного значения, необходимо принимать немедленные меры к восстановлению изоляции до нормы или к полной, или частичной замене проводки.

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104

Двойная изоляция — это электрическая изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной изоляции. Последняя предусмотрена для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции. С двойной изоляцией (с пластмассовыми корпусами) изготавливают электрифицированный инструмент, переносные светильники, некоторые бытовые установки и электроизмерительные приборы. На корпусе токоприемника с двойной изоляцией на видном месте наносится геометрический знак—квадрат в квадрате.

Оградительные устройства. В случаях когда токоведущие части электрооборудования не имеют конструкционного укрытия и доступны прикосновению, они должны иметь соответствующие защитные ограждения. Они выполняются из негорючего или трудно горючего материала в виде кожухов, крышек, ящиков, сеток и должны обладать достаточной механической прочностью и иметь такое конструктивное исполнение, чтобы снятие или открывание их было возможно только при помощи специальных инструментов или ключей и работниками, которым это поручено. Съемные крышки, закрепленные болтами, не обеспечивают надежной защиты, более надежны крышки, укрепленные на шарнирах, запирающиеся на замок или запор.

В общественных и производственных неэлектротехнических помещениях токоведущие части должны иметь сплошные ограждения. В электротехнических помещениях при напряжении до 1000В ограждения могут быть сетчатыми или дырчатыми.

Для доступа непосредственно к электрооборудованию или токоведущим частям последнего (при осмотре и ремонте) в ограждениях предусматриваются открывающиеся части: крышки, дверцы, двери и т. д. Эти части закрываются специальными запорами или снабжаются блокировками.

5.1.7. Блокировочные устройства

Блокировки исключают опасности прикосновения или приближения к токоведущим частям в то время, когда они находятся под напряжением. Принципы блокировки заключаются в следующем:

- а) при открывании кожухов или ограждения электрооборудования происходит автоматическое отключение данного устройств от источника тока;
- б) открывание кожухов или ограждений электрооборудования становится возможным только после предварительного отключения данного устройства от источника тока.

По конструктивному исполнению блокировочные устройств могут быть механическими, электрическими и электромагнитными.

В аппаратуре автоматики, вычислительных машин и радиоустановках применяются блочные схемы, осуществляющие механическую блокировку.

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

В общем корпусе устанавливаются отдельные блоки, которые соединяются с остальным устройством штепсельным соединением. Когда блок выдвигается

или удаляется со своего места, штепсельный разъем размыкается и блок отключается автоматически при открывании его токоведущих частей. Электрические блокировки осуществляют разрыв цепи специальными контактами, которые устанавливаются на дверях ограждений, крышках и дверях кожухов.

5.1.8. Предупредительная сигнализация, надписи, плакаты

Предупредительная сигнализация привлекает внимание обслуживающего персонала и предупреждает о грозящей или возникающей опасности. Обычно применяется световая или звуковая сигнализация — каждая в отдельности или сблокированные вместе. Следует помнить, что сигнализация только предупреждает об опасности, но не исключает ее.

В предупреждении несчастных случаев при эксплуатации электрооборудования важная роль принадлежит маркировке, надписям, указывающим состояние оборудования, название и назначение присоединений. При отсутствии маркировки и надписей обслуживающий персонал может во время ремонтов, осмотров и эксплуатации электрооборудования перепутать назначение проводов, рубильников, выключателей и т. д.

Панели распределительных устройств должны быть окрашены в светлые тона и иметь четкие надписи, указывающие назначение отдельных панелей. Такие надписи должны быть на лицевой и обратной сторонах панелей. Все ключи, кнопки и рукоятки управления должны иметь надписи, указывающие операцию, для которой они предназначены («включить», «отключить», «убавить»). Сигнальные лампы и другие сигнальные аппараты должны иметь надписи, указывающие характер сигнала. При использовании условных обозначений на видном месте вывешивается таблица или схема, которая расшифровывает их.

Для улучшения распознавания частей электроустановки применяется также отличительная окраска токоведущих шин, голых проводов, расцветка жил в кабеле. Специальная роль отводится предупредительным плакатам и знакам безопасности. Различают плакаты: предостерегающие, запрещающие, разрешающие, напоминающие.

Если корпус электрического аппарата во время работы находится под напряжением, на него наносят символическое изображение молнии красного или черного цвета по ГОСТ 12.4.027—76. В электроустановках должны применяться знаки безопасности по ГОСТ 12.4.026-76 и ГОСТ 32.4—76. Не допускается применять знаки безопасности, изготовленные из металла. Размещение токоведущих частей на недоступной для прикосновения высоте. Производится в случаях, когда их изоляция и ограждение оказываются

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

невозможными или экономически нецелесообразными. Неизолированными в помещениях разрешается применять только контактные провода подъемно-транспортных средств. В этом случае, они должны быть проложены на высоте не менее 3,5 м от пола и иметь устройства для автоматического отключения при обрыве.

5.1.9. Защитные средства, применяемые в электроустановках

Для обслуживания электроустановок электротехнической необходимо укомплектовать защитные средства и обеспечить правильное их хранение. В комплект защитных средств для установок напряжением до 1000 В входят: указатель напряжения— 1 шт.; клещи изолирующие — 1 шт.; диэлектрические галоши—2 пары; диэлектрические перчатки—2 пары; диэлектрические коврики—2 шт.; защитные очки—1 шт.; монтерский инструмент с изолирующими рукоятками—2 набора; контрольная лампа—1 шт.; предупредительные плакаты—1 комплект.

Изолирующие защитные средства (перчатки, галоши, коврики

Повторные испытания проводят в следующие сроки: диэлектрические перчатки—один раз в 6 месяцев, диэлектрические галоши, указатели и монтерский инструмент с изолированными рукоятками), а также указатели напряжения независимо от заводских испытаний испытывают повышенным напряжением при приеме в эксплуатацию.

Повторные испытания проводят в следующие сроки: диэлектрические перчатки—один раз в 6 месяцев, диэлектрические галоши, указатели напряжения и инструмент с изолирующими рукоятками — один раз в год, диэлектрические коврики, клещи изолирующие — один раз в два года.

Результаты испытаний оформляют протоколом специальной формы. На защитные средства, прошедшие испытания, кроме инструмента с изолирующими рукоятками, ставится специальный штамп.

На защитных средствах, признанных негодными, штамп перечеркивают накрест красной краской. Кроме испытаний, защитные средства периодически перед употреблением осматривают для выявления неисправностей (разрывов сквозных трещин и др.). При наличии признаков неисправности защитные средства необходимо подвергнуть внеочередным испытаниям. Чтобы проверить, нет ли проколов в диэлектрической перчатке, ее скатывают в рулон, начиная от отверстия к пальцам, при этом перчатка без проколов не пропускает воздух. Проверяется по штампу, при каком напряжении допустимо применение данного средства и не истекли срок его периодического испытания. Пользоваться защитными средствами, срок испытания которых истек, запрещается, так как такие средства считаются непригодными. Для проверки отсутствия напряжения необходимо пользоваться специальными приборами. При напряжении до 230В между фазами можно воспользоваться переносной контрольной лампой на напряжение 220В. Эта лампа должна иметь патрон с изолирующей

					ДП- 140604.65–2018.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

рукояткой, защитную сетку и изолирующие рукоятки-щупы на концах проводов, В трехфазных установках напряжением 380—220В контрольную лампу использовать запрещается. Пользуются специальными указателями напряжения. Такие указатели имеют неоновую лампочку и добавочный высокоомный резистор. Лампочка светится от активного тока утечки, протекающего через тело человека, но сопротивление резистора такое, что этот ток не ощущается человеком.

Изолирующие защитные средства должны использоваться только по прямому назначению. Запрещается использовать основные защитные средства на открытом воздухе во время дождя» снега, тумана, изморози и т. п.

Защитные средства должны храниться в закрытых помещениях, в специальных шкафах или ящиках и отдельно от инструмента. Они должны быть защищены от воздействия высокой температуры, прямого воздействия солнечных лучей, масла, бензина и других веществ, разрушающих резину, пластмассу или дерево.

Для учета защитных средств на станции заводится специальный журнал, а на каждом средстве наносится номер. В журнал записываются данные о местонахождении средств, результатам проверок наличия и состояния, периодических осмотров и испытаний. Наличие и состояние защитных средств проверяет специальное лицо с квалификационной группой не менее IV.

5.2.1. Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды:

Производство горячей воды на электростанции является экологически-безопасным производством (нет выбросов в атмосферу и нет отходов).

5.2.2 Требования к персоналу

1. Работники, принимаемые для выполнения работ в электроустановках, должны иметь профессиональную подготовку, соответствующую характеру работы. При отсутствии профессиональной подготовки такие работники должны быть обучены в специализированных центрах подготовки персонала.
2. Профессиональная подготовка персонала, повышение его квалификации, проверка знаний и инструктажи проводятся в соответствии с требованиями государственных и отраслевых нормативных правовых актов по организации охраны труда и безопасной работе персонала.
3. Проверка состояния здоровья работника проводится до приема его на работу, а также периодически, в порядке, предусмотренном Минздравом России.

4. Электротехнический персонал до допуска к самостоятельной работе должен быть обучен приемам освобождения пострадавшего от действия электрического тока, оказанию первой помощи при несчастных случаях.
5. Персонал, обслуживающий электроустановки, должен пройти проверку знаний нормативно – технической документации (правил и инструкций по технической эксплуатации, пожарной безопасности, пользованию защитными средствами, устройства электроустановок).
6. Персонал обязан соблюдать требования и правила по охране труда, указания, полученные при инструктаже.
7. Каждый работник, если он не может принять меры к устранению нарушений, должен немедленно сообщить вышестоящему руководителю о всех замеченных им нарушениях и представляющих опасность для людей неисправностях электроустановок, машин, механизмов, приспособлений, инструмента, средств защиты.

5.2.3 Техника безопасности при выполнении осмотров и ремонтов электрооборудования

При осмотре электроустановок разрешается открывать двери щитов, сборок, пультов управления и других устройств.

При осмотре электроустановок напряжением выше 1000 В не допускается входить в помещения, камеры, не оборудованные ограждениями или барьерами, препятствующими приближению к токоведущим частям на расстояния менее допустимых. Не допускается проникать за ограждения и барьеры электроустановок.

Не допускается на трубопроводах включенных электрических котлов выполнять работы, нарушающие защитное заземление.

Перед выполнением работ, связанных с разъединением трубопровода (замена задвижки, участка трубы), следует выполнить с помощью электросварки надежное электрическое соединение разъединяемых частей трубопровода. При наличии безопасного обвода места разрыва такого соединения не требуется.

Кожух электрического котла с изолированным корпусом должен быть закрыт на замок. Открывать кожух допускается только после снятия напряжения с котла.

6 Экономическая часть

В соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов» рассматриваем два альтернативных проекта, 1- без преобразователя, 2- с преобразователем. За второй вариант принимаем вариант, рассмотренный в пояснительной записке. Недостатком первого варианта является отсутствие регулирования скорости вращения электродвигателя сетевого насоса.

При внедрении в технологический процесс преобразователя частоты типа HYUNDAI N700E-004 HF улучшаются следующие показатели: повторный пуск при посадке напряжения, изменение времени разгона, торможения.

Экономический эффект от внедрения тиристорного преобразователя достигается не только за счет точного регулирования параметров технологического процесса, но также и как результат учета расхода энергоресурсов, мониторинга состояния технологического оборудования и соответственно уменьшения времени реакции персонала на аварийные и предаварийные события.

Таблица 6.1. Сравнимые показатели альтернативных проектов

Показатели	Варианты	
	Без преобразователя	С преобразователем
Количество насосов, шт	2	2
Трудоёмкость обслуживания и ремонта чел·ч в год	12	14
Потребление электроэнергии установкой кВт·ч в год	1752000	1314000
Оптовая цена одной установки, тыс.руб.	200	260

6.1.Расчёт экономических показателей варианта 1(без преобразователя) Капитальные затраты

Расчет стоимости электрооборудования производится согласно спецификации оборудования. Учитываются также затраты на транспортировку и монтаж, соответственно от стоимости оборудования, результаты расчетов сведены в таблице 6.2.
Затраты на транспортировку (в размере 5%) и монтаж (10% от стоимости оборудования).

Таблица 6.2 Капитальные вложения в силовое оборудование

Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Цена, руб.	Стоимость приобретения, руб.	Расходы на транспортировку и монтаж, руб.	Первоначальная стоимость, руб.

Трансформаторная подстанция КТП-400/6-0,4	2	163515	327030	49055	376085
Привод- 200кВт	2	200000	400000	60000	460000
Привод- 30 кВт	6	30000	18000	27000	207000
Привод- 3,5 кВт	1	3500	3500	525	4025
Котел водогрейный	6	790000	4740000	711000	5451000
Шкаф управления двигателя	6	3000	18000	2700	20700
Шкаф водогрейного котла	6	4000	24000	3600	27600
Шкаф передвижных электроприемников	1	4000	4000	600	4600
Шкаф собственных нужд	1	4000	4000	600	4600
Главный щит	2	4500	9000	1350	10350
Щит освещения	1	2000	2000	300	2300
Арматура освещения	29	500	14500	2175	16675
Кабельные линии,м	750	120	90335	13550	103885
Кран мостовой	1	100000	100000	15000	115000
Итого:					6776220

Эксплуатационные (текущие) затраты

В Данном разделе рассчитывают затраты, возникающие на стадии эксплуатации проекта.

Стоимость потребляемой электроэнергии за год

Расчет стоимости потребляемой электроэнергии за год производим по двуставочному тарифу с учетом активной заявленной мощности.

Цз - стоимость 1 кВт·ч. активной заявленной энергии равна 0,576руб/мес.

Цу – стоимость 1 кВт максимальной мощности равна 0,32руб.

Э – электроэнергия расходуемая; $\text{Э} = \text{Sp} \times \text{N} = 583,5 \times 8760 = 5111460$ кВт·час

Sp – полная расчётная мощность

N = 8760 ч – годовое количество часов

P – мощность установленная равна 600 кВт

Tм – число проплат

Сэ – стоимость потребляемой электроэнергии за год

$\text{Сэ} = \text{Цз} \times \text{Э} + \text{P} \times \text{Цу} \times \text{Tм} = 0,576 \times 5111460 + 600 \times 0,32 \times 12 = 2944224$ руб./год.

Расходы на электроэнергию двигателя мощностью 200кВт

$\text{Zэ} = \text{P} \cdot \text{Цэ} \cdot \text{N}$

где: P. - расход электроэнергии установкой;

Цэ – цена электроэнергии

$\text{Z э.} = 1752000 \cdot 0,576 \cdot 1 = 1009152$ руб.

Амортизационные отчисления

Расчет амортизационных отчислений проводят по нормам амортизации и первоначальной стоимости основных средств, причем по технологическому, подъемно-транспортному и силовому оборудованию – по каждой позиции оборудования, а по остальным группам – укрупненно, используя средние нормы амортизации.

Таблица 6.3. Амортизационные отчисления

Наименование оборудования	Количество	Норма амортизации, %.	Сметная Стоимость оборудования руб.	Сумма амортизационных Отчислений, руб.
Трансформаторная подстанция КТП-400/6-0,4	2	5	376085	18804
Привод- 200кВт	2	10	460000	46000
Привод- 30 кВт	6	10	207000	20700
Привод- 3,5 кВт	1	10	4025	402,5
Котел водогрейный	6	10	5451000	545100
Шкаф управления двигателя	6	10	20700	2070
Шкаф водогрейного котла	6	10	27600	2760
Шкаф передвижных электроприемников	1	10	4600	460
Шкаф собственных нужд	1	10	4600	460
Главный щит	2	10	10350	1035
Щит освещения	1	10	2300	230
Арматура освещения	29	10	16675	1667,5
Кабельные линии,м	750	10	103885	10388,5
Кран мостовой	1	10	115000	11500
Итого:			6776220	661577,5

График планово-предупредительных ремонтов

Таблица 6.4. График планово-предупредительных работ

[illegible]

2.	Электродвигатель насоса № 2	ТО	ТО	ТО	К	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	Т	ТО
3.	Электродвигатель насоса № 3	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	Т	ТО	ТО
4.	Электродвигатель насоса № 4	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	Т	К	ТО	ТО
5.	Электродвигатель насоса № 5	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	Т	ТО	ТО	ТО	ТО
6.	Электродвигатель насоса № 6	ТО	ТО	ТО	К	ТО	ТО	Т	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО
7.	Котел №1	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	Т
8.	Котел №2	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	Т	ТО
9.	Котел №3	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	Т	ТО	ТО
10.	Котел №4	К	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	Т	ТО	ТО	ТО
11.	Котел №5	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	Т	ТО	ТО	ТО	ТО
12.	Котел №6	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	Т	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО
13.	Кран мостовой			Т		ТО			ТО				ТО

Трудоемкость годового объема ремонтных работ

Годовой объём ремонтных работ рассчитывается на основе графика ППР электрооборудования и норм трудозатрат на выполнение ремонтных работ. Расчёт годового объёма ремонтных работ приведён в табл. 6.5

Таблица 6.5. Годовой объем ремонтных работ

Наименование	Количество ремонтов в год, шт.			Нормы трудозатрат, чел·ч			Объём трудозатрат в год чел·ч
	ТО	Т	К	ТО	Т	К	
Эл.-ро двигатель насоса № 1	11	1	1в10 лет	6	14	70	150
Эл.-ро двигатель насоса № 2	11	1	1в10 лет	6	14	70	150
Эл.-ро двигатель насоса № 3	11	1	1в10 лет	6	14	70	150
Эл.-ро двигатель насоса № 4	11	1	1в10 лет	6	14	70	150
Эл.-ро двигатель насоса № 5	11	1	1в10 лет	6	14	70	150
Эл.-ро двигатель насоса № 6	11	1	1в10 лет	6	14	70	150
Котел №1	12	1в3 года	-	16	40	-	232
Котел №2	12	1в3 года	-	16	40	-	232

Котел №3	12	1в3 года	-	16	40	-	232
Котел №4	12	1в3 года	-	16	40	-	232
Котел №5	12	1в3 года	-	16	40	-	232
Котел №6	12	1в3 года	-	16	40	-	232
Кран мостовой	3	1	1в12 лет	2	8	30	44
итого							2336

График сменности и баланс рабочего времени одного рабочего

Составляем график сменности для 12 часовой рабочей смены.

Условия работы не относятся к тяжелым. Рабочее время распределено согласно графика сменности обслуживающего персонала.

Таблица 6.6 График сменности для 12 часовой рабочей смены

Смена	Числа месяца															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
А	1	1	X	X	X	2	2	X	1	1	X	X	X	2	2	X
Б	X	2	2	X	1	1	X	X	X	2	2	X	1	1	X	X
В	X	X	X	2	2	X	1	1	X	X	X	2	2	X	1	1
Г	2	X	1	1	X	X	X	2	2	X	1	1	X	X	X	2

1 – смена с 20⁰⁰ до 8⁰⁰

2 – смена с 8⁰⁰ до 20⁰⁰

X – нерабочий день

Для 12 часовой рабочей смены:

Количество нерабочих дней в году: $(365/16) \cdot 8 = 182$ день

Количество рабочих дней в году: $365 - 182 = 183$ дня

Для 8 часового рабочего дня:

Количество нерабочих дней в году: 114 дней

Количество рабочих дней в году: $365 - 114 = 251$ дня

Баланс рабочего времени одного рабочего приведён в табл. 6.7

Таблица 6.7 Баланс рабочего времени одного рабочего

Показатели	12ч.рабочая смена	8ч. рабочий день
1.Календарный фонд времени, дни	365	365
2.Выходные и нерабочие дни по графику сменности	182	114
3.Номинальный фонд рабочего времени, Тн, дни	183	251
4.Невыходы по причинам:	46	46
а) отпуск	42	42
б) болезни	2	2
в) Выполнение гос. Обязанностей	1	1
г) льготные отпуска учащимся	1	1
Годовой эффективный фонд рабочего времени Тэф, дни.	137	205
Коэффициент перехода от штатной численности к списочной Ксп = Тн./Тэф.	1,33	1,22

Коэффициент перехода от штатного количества к списочному:

$$K_{сп12ч} = \frac{T_n}{T_{\text{эф}}} = \frac{183}{137} = 1,33 \quad K_{сп8ч} = \frac{T_n}{T_{\text{эф}}} = \frac{251}{205} = 1,22$$

Численность работников определяют отдельно по категориям: рабочие (основные и вспомогательные), руководители, специалисты.

а) ремонтный персонал:

Из графика ППР годовой объём ремонтных работ составляет

Тр = 2336 нормо-часов

Определяем списочную численность ремонтного персонала:

Чсп = Трем / (Тф · Кп),

где Трем – годовой объём ремонтных работ;

Тф – годовой эффективный фонд рабочего времени;

Кп – плановый коэффициент выполнения нормы.

Чсп = 2336 / 1644 = 1,42 чел

Принимаем 2 человека.

Определяем явочную численность:

Чя = 1,42 · 1,22 = 1,7 = 2 чел

б) дежурный персонал:

Чя = 4 человека (по одному в смену)

Чсп = 4 · 1,33 = 5,32 чел

Общая численность:

Чобщ = 2 + 5,32 = 7,32 чел.

Принимаем 7 человек – электромонтёры по ремонту и обслуживанию технологического электрооборудования.

Оплата труда и социальный налог

Основная заработная плата включает в себя тарифный фонд, премиальные, доплаты за работу в ночное время, в праздничные дни.

Размер премии 40%

Доплата за работу в ночное и вечернее время:

$$1/12 \cdot 2/5 \cdot 100\% = 3,3\% \text{ (ночные)}$$

$$1/4 \cdot 1/5 \cdot 100\% = 5\% \text{ (вечерние) сумма: } 8,3\%$$

Доплата за работу в праздничные дни:

$$10/365 \cdot 100\% = 2,7\%.$$

Доплата за отпуск:

$$\text{Для дежурных } 42/137 \cdot 100\% = 30,7\%;$$

$$\text{Для ремонтного персонала } 42/205 \cdot 100\% = 20,5\%.$$

Расчёт фонда оплаты труда рабочих приведён в таблице 6.8.

Таблица 6.8. Фонд заработной платы.

профессия	Разряд	Кол-во Чел.	Тариф. Ставка Руб/час	Годовой фонд рабочего времени	Тариф. фонд Руб/год	Доплаты, руб.		
						Прем.	Ноч.и вечер	Празд нич.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Эл.монтёр по обслуж.	6	1	21,09	1640	34587,6	13835	-	-
Эл.монтёр по обслуж.	5	1	17,59	1640	28847,6	11539	-	-
Дежурный эл.монтёр	6	2	21,09	1644	72007,2	28803	5977	1944
Дежурный эл.монтёр	5	3	17,59	1644	86753,9	34701	7201	2342
Итого:		7						

Продолжение таблицы 6.8

Доплаты всего	Год.фонд оплаты	Районный коэфф. 30% Северная надбавка 30%	Дополнительная з/плата			Год.фонд оплаты
			отпуск	Гос.обяз	всего	
10	11	12	13	14	15	16
13835	48422,6	37354,56	12904,62	168,72	13073,34	112685,5
11539	40386,6	31155,36	10763,03	-	10763,03	93843
36724	108731,2	87273	22360,87	253,08	22613	255341,2
44244	130997,9	105145	24600,86	-	24600,86	304987,76
						766857,46

Таблица 6.9. Фонд заработной платы руководителей.

Должность	Кол-во	Месячный оклад, руб	Годовой оклад, руб	Премия, руб	с районным, северным коэфф-том	Годовой фонд,руб
Мастер	1	9500	114000	45600	95760	255360

Таблица 6.10. Общие расходы на оплату труда

Статьи затрат	Расходы, тыс.руб
Заработная плата рабочих	766857,5
Заработная плата специалистов	255360
Итого:	1022217,5

Таблица 6.11. Социальный налог

Социальный налог (26% от зар.платы рабочих и специалистов)	265776,5
--	----------

Материалы и запасные части

Расходы на материалы и запасные части.

$$Z_M = K \times K_M,$$

где: K – общая стоимость электрооборудования. $K_M = 1\%$.

$$Z_M = 6776220 \times 0,01 = 67762,2 \text{ руб.}$$

Расходы на материальные затраты и средства труда стоимостью менее 20 т.р. (10 % от расходов на материалы и запчасти)

$$Z_{МАЛ.} = Z_M \times 0,1 = 67762,2 \times 0,1 = 6776,22 \text{ руб.}$$

Прочие затраты (например, на охрану труда)

Расходы на охрану труда и ТБ составляют 5% от затрат на обслуживающий электротехнический персонал и равны 51110,9 руб.

Таблица 6.12. Общие эксплуатационные расходы по «Вариант 1»

Статьи затрат	Расходы, руб.
	Без преобразователя
Амортизационные отчисления	661577,5
Оплата труда	1022217,5
социальный налог	265776,5
Расходы на электроэнергию	2944224
Материалы и запасные части	74538,42
Прочие текущие расходы	51110,9
ИТОГО:	5019444,82

Эксплуатационные затраты на 1м^3

Расчет эксплуатационных затрат на 1м^3 перекачиваемой воды

$V_{пр} = 23000 \text{ тыс. м}^3$ - годовое количество оборотной воды.

Зэк – затраты эксплуатационные

$$Зэ = Зэк / Впр = 5019444,82 / 23000000 = 0,218 \text{руб./ м}^3$$

6.2. Расчет экономических показателей варианта 2 (с преобразователем)

Капитальные затраты

Расчеты показателей варианта 2 проводятся только по тем показателям, значения которых отличаются от показателей варианта 1.

К капитальным затратам первого варианта добавится стоимость преобразователя частоты типа HYUNDAI N700E-004HF, который предназначен для установки на сетевой насос. (плавный пуск и регулирование скорости двигателя).

Таблица 6.13. Капитальные вложения в силовое оборудование.

Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Цена, руб.	Стоимость приобретения, руб.	Расходы на транспортировку и монтаж, руб.	Первоначальная стоимость, руб.
Преобразователь частоты	1	265000	265000	39750	304750

Определим стоимость оборудования с учетом преобразователя частоты

Кпс – полная стоимость эл. оборудования;

$$Кпс2 = Кпс1 + Ц \text{ преоб.} = 6776220 + 304750 = 7080970 \text{ руб.}$$

Эксплуатационные затраты

Стоимость потребляемой электроэнергии за год

При установке на сетевой насос преобразователя частоты типа HYUNDAI N700E-004 HF расход электроэнергии установкой уменьшится за счет плавного регулирования мощности двигателя сетевого насоса (плавный пуск, точное регулирование скорости вращения).

Расходы на электроэнергию при внедрении преобразователя частоты.

$$Zэ = P \cdot Цэ \cdot N$$

где: P - расход электроэнергии установкой;

Цэ – цена электроэнергии

$$Z \text{ э.} = 1314000 \cdot 0,576 \cdot 1 = 756864 \text{ руб.}$$

Разница в потреблении электроэнергии составит:

$$\Delta Zэ = 1009152 - 756864 = 252288 \text{ руб.}$$

Разница расходов на электроэнергию:

$$\Delta P = 2944224 - 252288 = 2691936 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления

По таблице № 6.14 (1) определяем норму амортизации = 10%

$$За = K \cdot На / 100$$

где: На = 10 % - нормы амортизации

$$З_а = 304750 \cdot 10/100 = 30475 \text{ руб.}$$

Таблица 6.14. Амортизационные отчисления

Группы основных средств	Первоначальная стоимость, руб	Норма амортизации, %	Амортизационные отчисления, руб/год
Силовое оборудование	304750	10	30475

Материалы и запасные части

Расходы на материалы и запасные части.

$$З_м = K \times K_м;$$

где: K – общая стоимость электрооборудования. $K_м = 1\%$.

$$З_м = 7080970 \times 0,01 = 70809,7 \text{ руб}$$

Расходы на материальные затраты и средства труда стоимостью менее 20 т.р. (10 % от расходов на матер.и запчасти)

$$З_{МАЛ.} = З_м \times 0,1 = 70809,7 \times 0,1 = 7080,97 \text{ руб.}$$

Таблица 6.15 Общие эксплуатационные расходы по «Вариант 2»

Статьи затрат	Расходы, руб.
	С преобразователем
Амортизационные отчисления	667577,5
Оплата труда	1022217,5
Расходы на электроэнергию	2691936
Материалы и запасные части	77890,67
социальный налог	265776,5
Прочие текущие расходы (охрана труда)	51110,9
ИТОГО:	4510732,6

Эксплуатационные затраты на единицу продукта

Расчет эксплуатационных затрат на 1 м^3 перекачиваемой воды

$В_{пр} = 23000 \text{ с. м}^3$ - годовое количество оборотной воды.

$З_{эк}$ – затраты эксплуатационные.

$$З_э = З_{эк} / В_{пр} = 4510732,6 / 23000000 = 0,196 \text{ руб./м}^3$$

Выбор варианта проекта.

Выбор варианта производим динамическим способом, принимая горизонт расчета равным 5 годам.

t – Шаг расчета, принимаемый за 1 год

$$B_t = \frac{1}{(1+E)^t}; \text{ где } B_t - \text{коэффициент дисконтирования,}$$

t – расчетный год;

$$B_1 = \frac{1}{(1+0,15)^1} = 0,87$$

Производим расчет чистого дисконтируемого дохода.

$$ЧДД = \sum \frac{\Delta A}{(1+E)^t} - \sum \frac{\Delta K}{(1+E)^t},$$

Где ΔA - изменение амортизации

E - норма дисконта, $E=0,15$

Δ - экономический эффект

ΔK - изменение капитальных затрат

Расчеты сведены в таблицу 6.16

Таблица 6.16. Расчет ЧДД

Показатели	Периоды						Ито го
	0	1	2	3	4	5	
Коэффициент дисконтирования	1,00	0,87	0,76	0,66	0,57	0,50	
Экономический эффект, руб./год.	252288	252288	252288	252288	252288	252288	
Изменение амортизации, руб./год.	6000	6000	6000	6000	6000	6000	
Дополнительный поток от операционной деятельности, руб.	0	258288	258288	258288	258288	258288	
Поток от инвестиционной деятельности, руб.	- 258288	0	0	0	0	0	
Дисконтированный дополнительный операционный поток, руб./год.	0	224599,2	195303,6	169829,2	147677,6	128415,3	865 824, 9
Дисконтированный инвестиционный поток, руб./год	- 258288	0	0	0	0	0	- 258 288
Текущий ЧДД, руб.	- 258288	-33688,8	161614,8	331444	479121,6	607536,9	

$$T_{ок} = 2 + \frac{-(-33688,8)}{195303,6} = 2,34 \text{ года.}$$

Таблица технико-экономических показателей

Таблица 6.17 Технико-экономические показатели проекта.

Показатели	Без преобразователя	С преобразователем	Отклонения
1. Установленная электрическая мощность, кВт	600	600	-
2. Максимальная мощность, кВт	583,5	583,5	-
3. Капитальные затраты, руб.	6776220	7080970	-304750
4. Годовое потребление электроэнергии, кВт	1752000	1314000	438000
5. Численность обслуживающего персонала, чел.	8	8	-
в т.ч. рабочие	7	7	-
руководитель	1	1	-
6. Эксплуатационные затраты, руб.	5019444,82	4510732,6	508712,22
в т.ч. амортизационные отчисления	661577,5	667577,5	-6000
оплата труда	1022217,5	1022217,5	-
социальный налог	265776,5	265776,5	-
электроэнергия	2944224	2691936	252288
материалы и запасные части	74538,42	77890,67	-3352,25
прочее	51110,9	51110,9	-
7. Эксплуатационные затраты на 1м3 воды, руб.	0,218	0,196	0,022
8. Экономический эффект, руб./год.	-	252288	-252288
9. ЧДД.	-	607536,9	-607536,9

Заключение

В технологической части данного дипломного проекта были рассмотрены: технология работы электрокотельной №4 п. Березовки, оборудования, расположенное в ней и схема тепло- водоснабжения.

В системе электроснабжения электрокотельной приведен расчет электроснабжения, включающий расчет электрического освещения, расчёт электрических нагрузок котельной, выбор комплектных трансформаторных подстанций с трансформаторами ТМ 400/6/0,4 и трансформаторов для подстанции № 1 с трансформаторами ТД 10000/110/6, выбор питающих и распределительных сетей напряжением до и выше 1000 В, расчет токов короткого замыкания в сетях высокого и низкого напряжения, выбор защитного электрооборудования и проверка его на действие токов короткого замыкания, расчет релейной защиты и расчет заземляющих устройств.

В разделе «Электропривод» произведен расчет частотного электропривода для насосов, включающий в себя выбор электродвигателя; расчет и построение механических и статических характеристик двигателя; расчёт характеристик насоса.

В специальной части дипломного проекта «Автоматизация» выбрана система управления частотным электроприводом сетевых насосов на основе микроконтроллера и датчиков давления.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» представлены требования безопасности при работе в электроустановках и охраны окружающей среды.

В экономической части дипломного проекта приведено экономическое обоснование модернизации привода сетевых насосов с помощью установки преобразователей частоты HYUNDAY. В этом же разделе рассчитаны текущие и эксплуатационные затраты, график сменности и баланс рабочего времени, произведен расчет численности персонала, фонда оплаты труда, расчет дисконтируемых затрат. Экономический эффект получен за счет снижения расхода электроэнергии и, соответственно, оплаты за нее.

Список литературы

1. Герасимов А.И., Кузьмин С.В. Проектирование электроснабжения цехов промышленных предприятий: Учеб. Пособие / ГАЦМиЗ – Красноярск, 2006, 263 с.
2. ГОСТ 113109-67. “Нормы качества электрической энергии у приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения”.
3. ГОСТ28249-89. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ.
4. Груба В.И., Калинин В.В., Макаров М.И. Монтаж и эксплуатация электроустановок. – М.: Недра, 1991. – 239 с.
5. Карякин Р.Н., Солнцев В.И. Заземляющие устройства промышленных электроустановок: Справочник электромонтажника/ Под ред. А.Д. Смирнова и др. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 191 с.
6. Ключев В.И. Теория электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 704 с.
7. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М.: Высшая школа, 1981. – 376 с.
8. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. М.: НЦ ЭНАС, 2001. – 192 с.
9. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
10. Правила устройства электроустановок./Минэнэрго СССР. – 6-е изд., перераб и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
11. Рекомендации по проектированию силового электрооборудования напряжением до 1000 В переменного тока промышленных предприятий. МОЗ – 5130. М.: Тяжпромэлектропроект, 1989.
12. Справочная книга для проектирования электрического освещения/Г. М. Кноринг, И. М. Фадин, В.Н. Сидоров – 2-е изд., пере-раб. И доп. СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отд-ние, 1992. – 448 с.
13. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования/ Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 464 с.

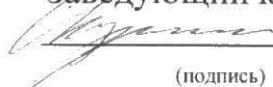
					ДП – 130400.65.10 – 2018 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		8

Федеральное государственное автономное образовательное
Учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА, ГЕОЛОГИИ И ГЕОТЕХНОЛОГИИ
(институт)

ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
ПРОИЗВОДСТВА
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 С. В. Кузьмин
(подпись) (инициалы, фамилия)


«12» февраля 2018 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

1406040000.65 Электропривод и автоматика промышленных
установок и технологических комплексов
код и наименование специальности

Электрификация и автоматизация электродвигательной
п.Березовка №4 со спец. частью автоматизация сетевых насосов

Руководитель

 12.02.18
подпись, дата


канд.тех.наук

Р.А.Майнагашев

должность, ученая степень

инициалы, фамилия

Выпускник

 12.02.18
подпись, дата

Н.В.Брасаус

инициалы, фамилия

Красноярск 2018